

Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava

17. listopadu 15, 708 33 Ostrava-Poruba

Fakulta bezpečnostního inženýrství

Katedra bezpečnostního managementu

Spolehlivost lidského činitele v prevenci závažných havárií

Disertační práce

pro získání akademického titulu „doktor“, ve zkratce „Ph.D.“

Autor:	RNDr. et Mgr. Petr Adolf Skřehot
Školitel:	doc. Dr. Ing. Aleš Bernatík
Studijní program:	Požární ochrana a průmyslová bezpečnost
Studijní obor:	Požární ochrana a bezpečnost průmyslu

Ostrava, 14. září 2012

Abstrakt

SKŘEHOT, P.A.. *Spolehlivost lidského činitele v prevenci závažných havárií*. 2012. 113 s. (+ 4 Přílohy) Fakulta bezpečnostního inženýrství. Vysoká škola báňská - TU Ostrava. Vedoucí disertační práce: doc. Dr. Ing. Aleš Bernatík.

Posuzováním spolehlivosti lidského činitele v rámci provozovaných činností se v současnosti zabývají nejvíce chemické podniky spadající pod dikci zákona č. 59/2006 Sb. o prevenci závažných havárií (tzv. direktiva SEVESO II). Ty mají povinnost hodnotit vliv lidského činitele na objekt nebo zařízení v souladu s relevantními zdroji rizik. Bohužel však žádný právně závazný předpis nestanoví bližší požadavky na tuto analýzu, což se ale výrazně odráží na kvalitě těchto dokumentů předkládaných státní správě a samosprávě k posouzení. Tato disertační práce si proto klade za cíl navrhnout optimalizovaný postup pro zpracování tohoto tématu a to zcela v souladu se stávajícími vědecko-technickými poznatky. Pro stanovení vhodné metodiky byly prostudovány četné odborné zdroje shrnující jak nejmodernější teoretické přístupy, tak i zkušenosti ze zahraničí. Studium problému potvrdilo, že zpracovávání analýz spolehlivosti lidského činitele není jednoduchou záležitostí nikde v Evropě. Důležitost tohoto tématu si však ve většině starších členských zemí EU dobře uvědomují, protože selhání člověka je příčinou většiny průmyslových havárií. Je tedy zřejmé, že výsledky kvalitně zpracované analýzy spolehlivosti lidského činitele mohou být cenným zdrojem informací nejen pro státní správu a samosprávu, ale zejména pro provozovatele samotného, protože umožňují nalézat slabá místa uvnitř pracovního systému a navrhnout účinná opatření ve snaze snížit riziko vzniku závažné havárie.

Klíčová slova

studium lidských faktorů; prevence závažných havárií; hodnocení spolehlivosti lidského činitele; management bezpečnosti; analýza rizik

Abstract

SKŘEHOT, P.A.. *Human Factor Reliability in Major Accident Prevention*. 2012. 113 p. (+ 4 Appendixs) Faculty of safety engineering. VŠB - Technical university of Ostrava. Dissertation supervisor: doc. Dr. Ing. Aleš Bernatík.

Chemical companies under the wording of the Act No. 59/2006 Coll. the prevention of major accidents (so called SEVESO II directive) are involved in assessing the reliability of human factor. Those are required to evaluate the influence of human factor to an object or device in accordance with relevant sources of risk. However, no legally binding instrument provides further details of this analysis. It is significantly reflected on quality of documents, which are submitted to state administration and local governments to be reviewed. This dissertation thesis aims to bring an optimized procedure for handling this issue fully in accordance with existing scientific and technological knowledge. In order to set suitable methodology numerous sources were studied summarizing both the most modern theoretical approaches and experience from abroad. The study of the problem confirmed that analyses processing concerning reliability of human factor is not a simple issue within Europe. The importance of the issue is aware in the most of old EU member countries as human failure is the cause of the most industrial accidents. Therefore it is obvious that the results of well processed analysis of reliability of human factor can be a valuable source of information not only for state administration and local governments but especially for entrepreneur himself as it enables to find weak point inside working system and to design effective measures in order to reduce the risk of major accident.

Keywords

human factors engineering; major accidents prevention; human reliability assessment; safety management; risk analysis

Čestné prohlášení

„Prohlašuji, že jsem celou disertační práci vypracoval samostatně podle pokynů školitele s použitím literatury uvedené v soupisu bibliografických citací a v souladu se Studijním řádem.

V souladu s § 47b zákona 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním celé disertační práce prostřednictvím informačního systému VŠB – TU Ostrava umožňujícího dálkový přístup.

Jsem seznámen s tím, že na mou disertační práci se vztahuje zákon 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) v platném znění, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že VŠB – TU Ostrava nezasahuje do mých autorských práv užitím mé disertační práce pro vnitřní potřebu VŠB – TU Ostrava (§ 35 odst. (3) zákona 121/2000 Sb. v platném znění).

Užiji-li disertační práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti VŠB – TU Ostrava; v tomto případě má VŠB – TU Ostrava právo požadovat ode mne úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše (§ 60 odst. (3) zákona 121/2000 Sb. v platném znění).

V Ostravě 14. 9. 2012

RNDr. Mgr. Petr Adolf Skřehot

Předmluva

V posledních letech se stále častěji objevuje volání zpracovatelů bezpečnostní dokumentace podle zákona č. 59/2006 Sb. o prevenci závažných havárií (v platném znění) po nových metodických návodech, které by jim umožnily lépe a efektivněji promítnout nejnovější vědecké poznatky do praxe. Stejnou potřebu už delší čas vyjadřuje také Ministerstvo životního prostředí coby gestor nad oblastí prevence závažných havárií. Primárním účelem této potřeby ale není jen usnadnit práci zpracovatelům, nýbrž nezůstat pozadu za západními zeměmi Evropské unie. Důvod je prostý – na změny v průmyslu (ať již v oblasti nových technologií, způsobů řízení výroby, tak i samotného přístupu k práci moderním člověkem) je nutné adekvátně reagovat. Cílem však stále zůstává zajistit maximální úroveň technologické bezpečnosti, ke které významným způsobem přispívají zpracovávané analýzy a hodnocení rizik. Jejich významnou součástí jsou pak analýzy spolehlivosti lidského činitele, které se snaží co možná nejobjektivněji popsat vliv lidského faktoru na bezpečnost provozu zařízení s nebezpečnými chemickými látkami.

Není pochyb, že doposud používané přístupy se již myšlenkově značně vyčerpaly, a je tedy čas vyvinout nástroje nové, lépe vyhovující stávajícím potřebám i změnám, které moderní doba přináší. V oblasti lidského činitele již nepostačují dlouho používané kvalitativní analýzy, nýbrž se objevuje potřeba propojit tento druh analýzy s analýzou technologických rizik prováděnou klasickými inženýrskými přístupy. Tato integrace si však žádá nový pohled na uvedený problém. Moderní analýza spolehlivosti lidského činitele tak vyžaduje zpracování několik dílčích částí, které umožní jak pohled inženýrský (v rámci popisu interakce člověk-stroj), tak pohled medicínský (v rámci popisu interakce člověk-prostředí, např. z hlediska výkonových omezení), tak především pohled ergonomický (v rámci popisu interakce člověk-člověk a člověk-prostředí, např. z hlediska adaptace člověka apod.). Tento problém však není jednoduché v praxi vyřešit, neboť propojit takto diametrálně odlišné přístupy naráží na řadu obtíží.

Tato práce se proto nemohla zaměřit na celé toto náročné téma, nýbrž si vytýčila za cíl vyřešit dílčí problém, kterým je popis způsobů chybění člověka v pracovních systémech a možnost jejich analýzy. Ve výstupech se tak kloubí jak moderní pohled inženýrský, tak i přístupy kognitivní, a to plně v souladu s doporučeními uváděnými v uznávaných odborných zdrojích. Vlastním cílem práce proto bylo nejprve podrobněji zmapovat

uvedenou problematiku a shrnout nejnovější poznatky z oboru Human Factor Engineering, a v návaznosti na to provést screening stávajícího stavu v českém prostředí. Za využití načerpaných poznatků a zkušeností pak měl autor za úkol vypracovat metodický návod pro posouzení vlivu lidského činitele na objekt nebo zařízení v souvislosti s relevantními riziky dle požadavků vyhlášky č. 256/2006 Sb.

Hlavním výstupem této disertační práce je zcela nová metodika, která vznikla díky značnému úsilí autora, a která propojuje vybrané a osvědčené analytické metody HTA, PHEA a LOPA-HF do jednotného přístupu nazvaného „Integrovaná metodika HTA-PHEA“. Přidanou hodnotou této práce je také validace a návrh nové verze softwarového nástroje „Analýza HTA-PHEA“, jenž vznikl paralelně s touto prací ve Výzkumném ústavu bezpečnosti práce, v.v.i. – na pracovišti studenta. Autor také využil možnosti ověřit své návrhy na vzorku 26 studentů Vysoké školy Karla Engliš, a.s. v rámci výuky v předmětu Spolehlivost lidského činitele, což práci obohatilo o nový rozměr a cenné poznatky. Práce pak byla završena zpracováním případové studie, která reprezentuje vzorovou analýzu využívající navrženou metodiku a upravený softwarový nástroj.

Tato disertační práce tak může posloužit nejen jako cenný zdroj nejnovějších informací a poznatků z daného oboru, ale může posloužit také jako návod či příručka pro zpracovatele dokumentu „Hodnocení vlivu lidského činitele na objekt nebo zařízení v souvislosti s relevantními zdroji rizik“ dle požadavků zákona č. 59/2006 Sb. a vyhlášky č. 256/2006 Sb.

Závěrem předmluvy by autor rád poděkoval všem, kteří přispěli ke vzniku této práce, anebo autora v jeho úsilí podporovali. Hlavní dík patří vedoucímu práce doc. Dr. Ing. Aleši Bernatíkovi za příkladné odborné vedení, poskytnutí mnoha podpůrných materiálů a za cenné rady a konzultace, které autorovi poskytoval v průběhu celého doktorandského studia. Poděkování si zaslouží také kolegové autora, kteří se profesně tematikou lidského činitele zabývají, a kteří vždy a ochotně poskytli svá doporučení či vlastní zkušenosti. V tomto směru se jedná především o prof. RNDr. Pavla Danihelku, CSc. (VŠB-TU Ostrava) a Ing. Marii Havlíkovou, Ph.D. (VUT Brno).

OBSAH

1	ÚVOD.....	1
2	ZADÁNÍ A CÍLE DISERTAČNÍ PRÁCE	3
2.1	<i>Cíle práce.....</i>	3
2.2	<i>Východiska</i>	3
3	SOUČASNÝ STAV PROBLEMATIKY	4
3.1	<i>Člověk jako součást pracovního systému.....</i>	4
3.2	<i>Vymezení základních pojmů.....</i>	6
3.3	<i>Interakce člověka a stroje</i>	12
3.4	<i>Selhání lidského činitele</i>	16
3.4.1	<i>Moderní pohled na lidskou chybu</i>	18
3.4.2	<i>Kauzalita nežádoucích událostí</i>	20
3.4.3	<i>Zotavení po lidské chybě</i>	23
3.4.4	<i>Omezení vlivu lidského činitele pomocí automatizace</i>	25
3.4.5	<i>Typologie lidských chyb.....</i>	27
3.5	<i>Analýza lidských chyb.....</i>	32
3.5.1	<i>Identifikace chyb.....</i>	32
3.5.2	<i>Kvantifikace chyb</i>	33
3.5.3	<i>Příčiny chyb</i>	42
3.6	<i>Principy pro redukci vzniku lidských chyb</i>	48
3.7	<i>Faktory ovlivňujících výkon a spolehlivost člověka</i>	49
4	LIDSKÝ ČINITEL V KONTEXTU PREVENCE ZÁVAŽNÝCH HAVÁRIÍ.....	56
4.1	<i>Historické konsekvence a vazba na prevenci závažných havárií.....</i>	56
4.2	<i>Kritický pohled na aktuální přístup k lidskému činiteli v podnikové praxi ..</i>	59
4.2.1	<i>Pohled managementů podniků k lidskému činiteli</i>	59
4.2.2	<i>Výběr pracovníků na kritické pracovní pozice</i>	60
4.2.3	<i>Problémy spojené s hodnocením vlivu lidského činitele v souvislosti s relevantními zdroji rizik</i>	63
5	NÁVRH METODIKY PRO ANALÝZU CHYBOVÁNÍ LIDSKÉHO ČINITELE.....	66
5.1	<i>Požadavky pro návrh řešení</i>	66
5.1.1	<i>Analýza problému.....</i>	66
5.1.2	<i>Koncepce řešení.....</i>	68
5.1.3	<i>Použité metody</i>	70
5.2	<i>Popis klíčových prvků použitých metod.....</i>	70
5.2.1	<i>Koncept metody HTA.....</i>	70

5.2.2	Koncept metody PHEA	76
5.2.3	Koncept metody LOPA-HF	77
5.3	<i>Návrh integrované metodiky HTA-PHEA</i>	81
5.3.1	Popis použitého přístupu	81
5.3.2	Definování problému	83
5.3.3	Identifikace chyb	85
5.3.4	Kvantitativní analýza chybování	86
5.3.5	Analýza vlivu PIF faktorů	87
5.3.6	Návrh opatření pro redukci chyb	88
5.4	<i>Praktické použití integrované metodiky HTA-PHEA</i>	89
5.4.1	Případová studie a způsob aplikace použitého software	89
5.4.2	Zhodnocení navržené metodiky	93
5.5	<i>Shrnutí výsledků disertační práce</i>	97
6	DISKUSE	100
6.1	<i>Teoretické posouzení validity navržené metodiky</i>	100
6.2	<i>Náročnost aplikace metodiky a požadavky na přípravu analytiků</i>	101
6.3	<i>Zkušenosti s použitím softwarového nástroje HTA-PHEA</i>	102
6.4	<i>Posouzení využitelnosti navržené metodiky</i>	103
6.5	<i>Přínosy disertační práce</i>	104
7	ZÁVĚR	105
8	LITERATURA	107
	SEZNAM PŘÍLOH	113

Seznam obrázků

Obrázek 1	Blokové schéma postupu hodnocení spolehlivosti lidského činitele.
Obrázek 2	Grafické vyjádření Reasonovy definice lidské chyby podle H. Bubba.
Obrázek 3	Schéma systému člověk-stroj.
Obrázek 4	Základní diagram vztahů uvnitř systému člověk-stroj.
Obrázek 5	Reasonův bariérový model.
Obrázek 6	Systém vzájemných vazeb ovlivňujících vznik lidské chyby a selhání ochranných bariér s vedoucí ke vzniku nehody.
Obrázek 7	Schéma zotavení systému.
Obrázek 8	Reálné schéma zotavení systému.
Obrázek 9	Princip modelu GEMS vycházejícího z SKR přístupu.
Obrázek 10	Statistika HEP pro jednotlivé kategorie chyb dle SRK modelu.
Obrázek 11	Srovnání praktických provozních zkušeností s předpovědí THERP s ohledem na různé stupně stresu.
Obrázek 12	Příčinné faktory a jejich konstrukce.
Obrázek 13	Schéma příčin chyb lidského činitele podle metody PHECA.
Obrázek 14	Diagram zobrazující vztahy mezi PSF.
Obrázek 15	Schéma vazeb u přímo a nepřímo působících PSF.
Obrázek 16	Vyjádření HEP jako funkce závislé na síle vlivu PSF.
Obrázek 17	Postupové schéma metody HTA.
Obrázek 18	Ukázka jednoduchého úkolového diagramu dle metody HTA.
Obrázek 19	Vývojový diagram LOPA-HF.
Obrázek 20	Průběhový diagram pro aplikaci integrované metodiky HTA-PHEA .
Obrázek 21	Celkový pohled na stáčecí místo a válcové zásobníky pro skladování izobutanu.
Obrázek 22	Pohled na horní část zásobníků s isobutanem.
Obrázek 23	Detailní pohled na přípojně potrubí DN 40.
Obrázek 24	Schéma vzájemných vazeb mezi prvky ovlivňujícími spolehlivost systému.
Obrázek P-1	Základní schéma dekompozice úkolu provedené pomocí metody HTA.
Obrázek P-2	Provádění výběru rizikových subúkolů.
Obrázek P-3	Výběr relevantní chyby z databáze chyb a korekce hodnoty HEP.
Obrázek P-4	Analýza faktorů ovlivňujících výkon a spolehlivost (analýza PIF).

Seznam tabulek

Tabulka 1	Schéma SKR modelu.
Tabulka 2	Spodní meze podmíněných pravděpodobností při provádění multisekvenčních úkolů.
Tabulka 3	Příklady HEP z různých zdrojů zatříděny podle SRK modelu.
Tabulka 4	Vliv stresorů na výslednou hodnotu HEP.
Tabulka 5	Ukázka výstupu metody PHEA pro analyzovaný subúkol „přijetí a zpracování informace k čerpání LPG“.
Tabulka 6	Psychologický koncept predikce/identifikace chyb LČ podle Matouška.
Tabulka 7	Ukázka struktury jednotlivých kroků integrované metodiky HTA-PHEA a návrh struktury tabulkového výstupu z provedené analýzy.

Seznam použitých zkratek

CREAM	Cognitive Reliability and Error Analysis Method
ČR	Česká republika
EE/EC	Umožňující událost/umožňující podmínky
EU	Evropská unie
FBI	Fakulta bezpečnostního inženýrství
FMEA	Failure Models and Effects Analysis
GEMS	Generic Error Modeling System
HAZOP	Hazard and Operability Study
HEI	Human Error Identification
HEP	Human Error Probability
HPF	Human Probability Failure
HRA	Human Reliability Assessment
HTA	Hierarchical Task Analysis
IAEA	International Atomic Energy Agency
IE	Initiation Event
IPE	Individual Plant Examination
IPL	Independent Protection Layers
LČ	Lidský činitel
LOPA-HF	Layers of Protection Analysis for Human Factors
MMS	Men-Machine System
MORT	Management Oversight & Risk Tree
MŽP	Ministerstvo životního prostředí
NoEi	Number of Erroneously performed tasks of type „i“
NoTi	Number of all Tasks of type „i“
NRC	Nuclear Regulatory Commission
NUREG	Nuclear Regulatory Guides

OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development
P-D-C-A	Plan-Do-Check-Act
PF	Probability of Failure on Demand
PHA	Process Hazard Analysis
PHEA	Predictive Human Error Analysis
PHECA	Potential Human Error Cause Analysis
PIF	Performance Influencing Factors
PRA	Probabilistic Risk Assessment
PSA	Probabilistic Safety Assessment
PSF	Performance Shaping Factors
SHARP	Systematic Human Action Reliability Procedure
SIL	Safety Integrity Level
SKR	Skill-based, Rule-based a Knowledge-based
SLIM-MAUD	Success Likelihood Index Metod-Multi Attribute Utility Decomposition
SW	Software
TA	Task Analysis
TAFEI	Task Analysis For Error Identification
TECDOC	Technical Documents (IAEA)
THERP	Technique for Human Error Rate Prediction
TOR	Technic of Operations Review
T-O-T-E	Test-Operate-Test-Exit
VŠB	Vysoká škola báňská-Technická univerzita Ostrava
VŠKE	Vysoká škola Karla Engliša
VÚBP	Výzkumný ústav bezpečnosti práce

1 ÚVOD

Už od Adama a Evy hrají chyby a omyly významnou roli v životě lidském. Utržení zakázaného ovoce a jeho ochutnání byla chyba, jež prvním biblickým lidem přinesla velmi závažné následky. Ačkoli dobře věděli, jaké důsledky pro ně může toto porušení mít, přesto vědomě stanovená pravidla porušili. Principiální otázka tak zní: proč to udělali? Pověst praví, že to byl had, kdo našeptal důvěřivé Evě, že ovoce ze stromu života není otrávené a že po něm získá vědění, které má pouze Bůh. To se Evě zalíbilo a přemluvila Adama, aby ovoce ochutnali. Co následovalo dál, každý dobře ví. Ovšem kde hledat příčinu tohoto „prvního selhání lidského činitele v dějinách lidstva“? Lidé po věky svalují vinu na zlomyslného hada, avšak to je typický projev lidského pokrytectví. Je totiž snadnější hledat chybu v druhých, než si přiznat, že problém je v nás či v pravidlech, které jsme si sami vytvořili. Očima moderního ergonomu však celý příběh nabývá zcela jiných obrysů. Příčin vědomého porušení zákazu (utržení jablka) totiž bylo hned několik, z nichž hlavními byly (1) motivace (v tomto případě Evina touha po ovoci), (2) selhání kontroly (Adam se nechal přemluvit Evou) a (3) podcenění rizika (ani jeden nedokázal domyslet závažnost následků). Přitom ale oba dobře věděli, že jejich čin bude odhalen a po zásluze potrestán. Neměli však doposud žádnou obdobnou empirickou zkušenost a proto snadno podlehli svodům hada, který aktivoval všechny výše uvedené latentní příčiny. Mějme však pochopení – lidé té doby byli prosti chyb, nepravostí a zlých úmyslů.

Uvedený příběh poučuje již dlouhé generace lidí o tom, že sklon k selhání patří mezi základní povahové rysy člověka. Je sice lidskou přirozeností, avšak nevyskytuje se vždy a za všech okolností. Člověk má totiž schopnost se svým omylům vyvarovat. Má své vědomí, disponuje logickým myšlením, umí se učit a získávat praktické dovednosti. Sáhne-li kupříkladu dítě na horká kamna, spálí se a podruhé již svůj omyl vědomě nezopakuje; bylo poučeno, získalo zkušenost. A právě díky těmto vlastnostem je člověk schopen definovat a zavádět pravidla a postupy pro lepší, bezpečnější a efektivnější práci.

Bohužel, je to ale také člověk, který hraje hlavní roli ve výskytu nehod – většinu z nich přímo způsobí anebo alespoň (negativně) ovlivní jejich průběh. To je také důvod, proč se dnes v oblasti bezpečnosti kritických pracovních systémů, jako je letecká doprava, jaderné elektrárny, chemické provozy aj., kladе velký důraz na spolehlivost lidského činitele. Obrovským rozvojem výrobních technologií ve 20. století byla totiž změněna role

člověka v těchto systémech. Počítače jsou dnes schopny během zlomků sekund provádět výpočty, které by ještě nedávno byly i těmi největšími experty prováděny několik měsíců. Dané technologie jsou nejenom několikasetnásobně výkonnější, ale i komplikovanější a nebezpečnější. V nových technologiích již nelze akceptovat přístup „pokus-omyl“, kterého bylo dříve hojně využíváno. Již při návrhu těchto komplexních systémů musí být zajištěno, aby nedošlo k selhání jejich komponent. Všechny tyto systémy jsou podřízeny člověku. Úroveň spolehlivosti člověka je tedy určena úroveň bezpečnosti celého systému. Lidským selháním mohou být způsobeny početné ztráty na životech a značné materiální škody. Příkladem mohou být nehody v jaderných elektrárnách Three-Mile-Island a Černobyl, které byly způsobeny právě chybným lidským jednáním. Jelikož je zatím úloha člověka v těchto systémech nezastupitelná, je nesmírně důležité, aby bylo pochopeno, jak k selhání lidského činitele dochází, proč k němu dochází a jak mu může být zabráněno.

Ano, chybu může udělat každý. To je ostatně lidskou přirozeností, jak již bylo zmíněno. Ale opakovaná chyba je nedbalostí, kterou je nutné v zájmu bezpečnosti uvnitř (a často i vně) pracovního systému důsledně potírat. V minulém století proto byly vyvinuty metody určené pro hodnocení spolehlivosti lidského činitele, které poskytují informace klíčové pro navrhování přístupů a strategií určených pro predikci lidských chyb a pro navrhování opatření pro jejich eliminaci. V rámci řešení této práce byly některé z těchto metod prostudovány, analyzovány a následně byly vybrány ty, které jsou svými parametry nejvhodnější pro využití v podmínkách současné průmyslové praxe. Spolu s tím byl navržen též postup zajišťující provádění hodnocení vlivu lidského činitele v souladu s relevantními riziky a to v optimálním a snadno zvládnutém rozsahu, zcela v souladu se zadáním této práce.

2 ZADÁNÍ A CÍLE DISERTAČNÍ PRÁCE

2.1 Cíle práce

Cílem disertační práce je navrhnout koncepční systémový přístup, podpůrné metodiky a nástroje určené pro provádění posouzení vlivu lidského činitele na bezpečnost v procesním průmyslu podle požadavků zákona č. 59/2006 Sb. a vyhlášky č. 256/2006 Sb. Navržený přístup má předkládat vhodný způsob řešení uvedeného tématu v praxi, při současném respektování Metodického pokynu MŽP „Posouzení vlivu lidského činitele na objekt nebo zařízení v souvislosti s relevantními zdroji rizik“ [24]. Smyslem práce tak je vytvořit praktický návod pro zpracovatele analýzy a hodnocení (technologických) rizik, resp. části věnované posouzení spolehlivosti lidského činitele při provozu objektu nebo zařízení zařazeného do skupiny A, resp. B dle uvedeného zákona, který by obsahoval doporučený postup doplněný o postupové diagramy, detailní popis vybraných analytických metod, doprovodné návody navržené pro řešení uvedených úkolů v praxi a za pomoci využití softwarového nástroje Analýza HTA-PHEA demonstrovat optimální postup analýzy. Součástí práce je proto ilustrativní případová studie doplněná o popis zkušeností studenta získaných z praxe.

2.2 Východiska

Východiskem pro zpracování uvedeného tématu v rámci disertační práce jsou nejnovější poznatky v oboru Human Factors Engineering, které odrážejí nejnovější vědecko-technické poznatky v dané oblasti. Spolu s tím se práce opírá o znalosti procesů a technologií v chemickém průmyslu a metod pro hodnocení technologických rizik. Jako klíčové jsou v práci uvedeny vybrané metody určené pro hodnocení spolehlivosti lidského činitele a poznatky načerpané z odborné literatury. Jelikož je řada uvedených metod dostupná pouze pro specializované odborníky, bylo nutné pro tuto část řešení získat relevantní tituly v původních zněních.

3 SOUČASNÝ STAV PROBLEMATIKY

Lidský činitel ovlivňuje vývoj strojů, pracovních postupů a pracovního prostředí tak, že porovnává lidské schopnosti, omezení a potřeby pracovního systému. Je založen na studiu (poznání) lidí v pracovním prostředí (obsluhy strojního zařízení, manažerů, údržbářů a dalších) a na faktorech, které všeobecně ovlivňují lidi v jejich vztazích s technickým zařízením (včetně jedince, organizace práce a technologie). Lidského činitele utváří faktory (pracovního) prostředí, faktory organizační a pracovní, a také lidské a individuální vlastnosti, které mají vliv na chování jednotlivců při práci. Jedná se tedy často o vlastnosti, které lze jen obtížně (objektivně) hodnotit. Proč je tedy nutné hodnotit atributy lidského činitele, když se jedná o tak složitou oblast?

3.1 Člověk jako součást pracovního systému

Člověk je součástí pracovního systému, který také nejvíce ovlivňuje. Pracovní systém sestává ze (1) strojů, zařízení a vybavení pracoviště, (2) pracovního prostředí, organizačních faktorů souvisejících s výkonem práce a (3) člověka-pracovníka provádějícího za daných podmínek zadané pracovní činnosti. Všechny tři uvedené oblasti člověk navrhuje nebo alespoň utváří. Jeho role je tedy klíčová. Klíčová je zejména s ohledem na kvalitu a spolehlivost, která se může projevit nejen ve výkonu činností prováděných samotným pracovníkem, ale i podmínkami, které si pro jejich plnění vytvoří – tedy podobu pracoviště, zařízení, pracovních podmínek i pracovního prostředí. Člověk tedy svým jednáním přímo či nepřímo ovlivňuje vše, co s výkonem pracovních činností souvisí (snad jen s výjimkou počasí).

V rámci této práce bude hlavní pozornost věnována vlivu člověka (lidského činitele) na bezpečnost pracovního systému a to zejména s ohledem na možný vznik závažné průmyslové havárie. Důležitost tohoto tématu byla již mnohokrát potvrzena řadou empirických zkušeností, ať již z proběhlých událostí, tak i z predikce možných havarijních stavů modelovaných pomocí složitých algoritmů a software.

Za základní poznatek je v tomto kontextu považován tzv. druhý Heinrichův postulát, který formuloval v roce 1931 H. W. Heinrich a jež zní: „havárie jsou výsledkem nebezpečných činností a nebezpečných podmínek, přičemž lidé způsobují mnohem více

havárií, než nebezpečné podmínky“. K těmto závěrům Heinrich došel díky pečlivé analýze průběhů více jak 50 tisíc havárií v průmyslu a jejich příčin. Vypočítal, že až 95 % z veškerých nehod na pracovištích je způsobeno nebezpečným jednáním, přičemž selhání lidského činitele je přímou příčinou 88 % z nich [41]. Zrodil se tak pojem lidský činitel, neboť atributy ovlivňující lidské chování spolu s předpoklady a výkonovými omezeními člověka byly poprvé v historii objektivně prokázány jako klíčové faktory ovlivňující vznik nehod [37].

Ačkoli dnes v provozní praxi využíváme nejmodernější techniku, řídicí software, automatizaci a nerůznější bezpečnostní systémy, přesto nelze vliv člověka – lidského operátora, na bezpečnost provozu zcela eliminovat. V roce 1989 zveřejnila společnost Electricité de France svou studii příčin chybných zásahů operátorů v jejich jaderných elektrárnách se závěrem, že lidé se zde za sledované období podíleli asi na 40 % bezpečnostně významných událostech [87]. Současné obecné odhady podílu, který má člověk na selhání systémů v jaderných elektrárnách nebo při řízení dopravních letadel, uvádí následující: 50 % při běžném provozu a až 70 % při abnormálních provozních stavech (odstávky reaktoru, start/přistání letadel, mimořádné provozní stavy) [5], [51]. V ostatních oblastech lidského konání, která nejsou podrobena tak důsledným zpětným vazbám či zabezpečena systémy ochranných bariér, se podíl lidského činitele na nehodách odhaduje na 70 % až 94 % [52], [53], [54], [63].

Vzhledem k těmto alarmujícím zjištěním je proto důležité, aby bylo prováděno pečlivé hodnocení spolehlivosti lidského činitele ve všech pracovních systémech, kde mohou mít důsledky lidského selhání závažné důsledky. Jedná se tak zejména o provoz jaderných zařízení a chemických technologií, v letecké dopravě, kosmonautice a vojenství. Kupříkladu v doporučeních Mezinárodní agentury pro atomovou energii jsou již po léta udávány požadavky na provádění klasifikace lidských chyb a určování jejich pravděpodobností. Aby se dosáhlo tohoto cíle, musejí být však vyvinuty vhodné analytické metody a postupy [5].

Sklony člověka k chybám stejně jako jeho kognitivní procesy je parametr značně nepředvídatelný a obtížně popsitelný. Člověk je totiž tak složitý, že porozumět jeho chování je mnohem náročnější, než porozumět fyzikálním jevům [51]. Posuzování jeho

spolehlivosti proto představuje velmi náročný proces, pro který je nutné mít k dispozici dostatečně validní metodiku vhodnou pro daný účel.

3.2 Vymezení základních pojmů

V poslední době se lze stále častěji setkávat s pojmem lidský činitel nebo lidský faktor. Většina lidí jej však mylně vnímá jako synonymum pro člověka samého. Existuje řada výkladů pojmu „**lidský činitel**“, ale všechny mají jedno společné – vztahují se k individuálním lidským možnostem, kapacitám i omezením. Jelikož je termín „lidský činitel“ často používán v negativní souvislosti, je chybně zaměňován s také s termínem „lidská chyba“. Avšak lidé jsou často jediným prostředkem pro efektivní řešení abnormálních a extrémních situací, protože mají schopnost myšlení a mohou ovlivnit automatické reakce (automatickou činnost) strojů. Mají schopnost předpovídat činnost, vyhodnocovat komplexní i neurčité informace a pochopit jak řešit neobvyklé situace na základě zkušeností a výcviku. Není tedy správné zaměňovat pojem „lidský činitel“ s pojmem „člověk“, jak se nezdá stává. Lidský činitel ve skutečnosti vyjadřuje „souhrn individuálních vlastností a schopností daného jednotlivce, které determinují jeho výkonnost, efektivnost a spolehlivost uvnitř pracovního systému za daných podmínek“. Tyto vlastnosti jsou proto hodnoceny z psychologického, fyziologického a fyzického hlediska.

Aplikace znalostí o lidských schopnostech a omezeních využívaných při návrhu technologií, systémů a vybavení je předmětem oboru nazývaného „**studium lidských faktorů**“, anglicky Human Factors Engineering [26]. Tento obor, který zahrnuje prvky ergonomie, bezpečnostního inženýrství a managementu lidských zdrojů, se soustřeďuje na provádění návrhů výrobních jednotek, technologií, systémů, vybavení, úkolů a pracovního prostředí tak, aby vykonávané činnosti odpovídaly smyslovým, mentálním, znalostním a fyzickým možnostem a omezením osob, které danou činnost vykonávají, nebo které provádějí údržbu a zásobování příslušných technologií, systémů či vybavení.

V praxi se však mnohem častěji než s pojmem Human Factors Engineering setkáváme s nejrůznějšími kombinacemi výrazů, jakými jsou spolehlivost, chybování, selhání a lidský činitel. Ačkoli se terminologie v této oblasti napříč obory, jichž se dotýká, ještě zcela nesjednotila, odborná veřejnost se nejčastěji uchyluje k užívání termínu

„spolehlivost lidského činitele“. Tento výraz byl rozveden již v legendární monografii W. G. Iresona [85], avšak jeho moderní výklad podal až J. Reason v roce 1990 [31], resp. B. Kirwan [19], který jej detailněji rozvedl. V obecném pojetí je spolehlivost člověka charakterizována jako pravděpodobnost, že stanovený úkol bude daným pracovníkem, za daných podmínek a v požadovaném čase úspěšně vykonán [85]. Z psychologického hlediska je ale spolehlivost považována za individuální vlastnost či schopnost daného jedince vykonávat určitou činnost, aniž by došlo k selhání a následné chybě [87].

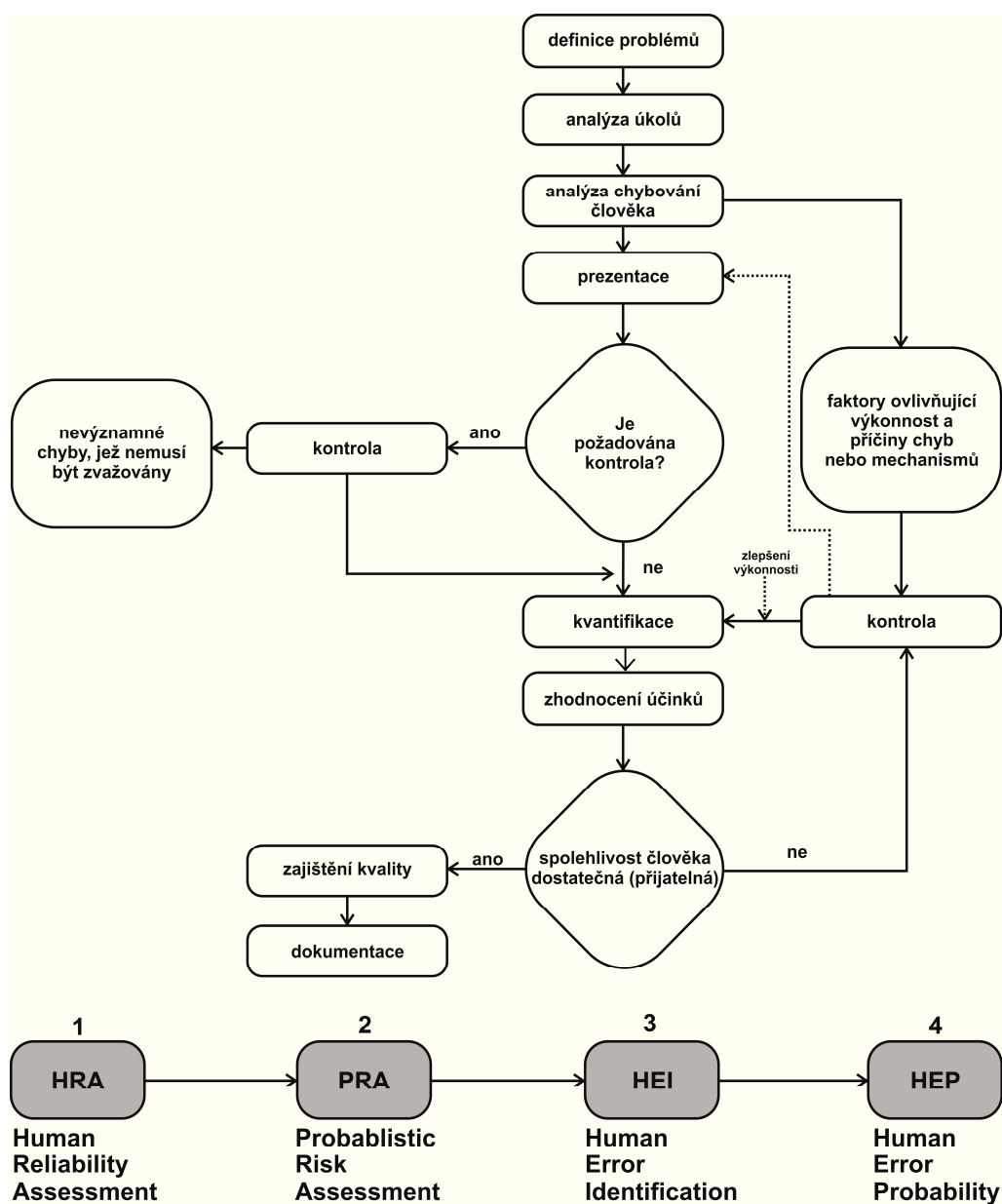
V souvislosti s tím byl definován také výraz „Human Reliability Assessment“, který se u nás volně překládá jako „**hodnocení spolehlivosti lidského činitele**“. Zkratka HRA, která se pro tento pojem v literatuře (i české) nejčastěji používá, představuje společný název pro skupinu metod a modelů, které jsou určeny pro identifikaci a predikci výskytu lidských chyb v pracovních systémech [52]. Jedná se v podstatě o filozofii, která je založena na detailním rozvržení funkcí, úkolů a zdrojů mezi člověka a hardware s cílem identifikovat relevantní typy chybných činností (chybových módů) [34]. Ať už je pro HRA použito jakékoli kombinace metod (jedna uniformní metoda neexistuje)¹, vždy je nutné provést tyto dílčí analýzy [19]: (1) Analýzu úkolů (Task Analysis – TA), (2) Identifikaci lidských chyb (Human Error Identification – HEI) a (3) Kvantifikaci spolehlivosti lidského činitele, resp. pravděpodobnost vzniku chyby (Human Error Probability – HEP)². Schématicky tento postup znázorňuje obrázek 1.

Byl-li výše uveden pojem spolehlivost lidského činitele, je na místě podat výklad tohoto termínu v souladu s mezinárodními zvyklostmi. Spolehlivostí lidského činitele se rozumí „vlastnost člověka plnit uložené úkoly s předepsanou přesností v daném časovém intervalu a za daných pracovních podmínek“ [18]. V praktické rovině se tedy jedná o pravděpodobnost, že daná osoba správně provede požadované aktivity (činnosti) během daného časového úseku (je-li čas limitujícím faktorem), aniž by provedla jiné činnosti,

¹ V současnosti je do skupiny HRA metod zahrnuto 38 samostatných metod určených pro provádění dílčích analýz jednotlivých kroků HRA, které je nutné vždy kombinovat podle účelu a požadavků na hloubku analýzy [52]. Metody se dělí do 5 základních skupin: taxonomické přístupy, psychologicky založené nástroje, kognitivní modely, kognitivní simulace, spolehlivostní techniky [66].

² Ačkoliv je zde zmíněna podmínka kvantifikace, výstupem HRA metody nemusí vždy být HEP. V některých případech postačí kvalitativní určení pravděpodobnosti dané chyby (např. pravděpodobnost je nízká, střední, či vysoká).

které by mohly pracovní systém narušit, nebo které nejsou vyžadovány [34]. Z uvedeného je zřejmé, že spolehlivost nelze chápat jako definitivní jistotu, že vše bude během daného časového úseku provedeno správně a podle předepsaných požadavků, ale pouze jako míru pravděpodobnosti, že tato situace v reálu nastane. Jedná se tedy o kvalitativní vlastnost lidského operátora, jež je specifická každému jedinci, a která je přímo závislá na jeho výkonových parametrech (fyzický stav, mentální úroveň, psychická odolnost apod.) [37]. Spolehlivost se může pohybovat mezi hodnotou 0 (absolutně nespolehlivý systém, který za všech okolností selže) a 1 (absolutně spolehlivý systém, který neselže nikdy).



Obrázek 1: Blokové schéma postupu hodnocení spolehlivosti lidského činitele.

Spolehlivost lidského činitele není jednoduché stanovit, natož předpovědět. Důvodem je, že se jedná o soubor různých vlivů, příčin a faktorů, kterými je tato vlastnost člověka utvářena. Spolehlivost je určována v podstatě povahou člověka, který má ze své přirozenosti tendenci k provádění chyb, a prostředím, v němž se daná činnost odehrává. Tímto prostředím není míněno pouze prostředí fyzikální, chemické a biologické, nýbrž i sociální [51]. Vlivy tohoto prostředí jsou označovány jako faktory ovlivňujících výkon a spolehlivost (PIF, resp. PSF) (viz níže). Zkoumání spolehlivosti lidského činitele je jeden z nejdůležitějších úkolů u pravděpodobnostního odhadu rizika (Probabilistic Risk Assessment – PRA)³ [59].

Opakem spolehlivosti je nespolehlivost, neboli selhání. Selhání je definováno jako odchylka od žádoucího stavu, který byl předepsán výkonovým harmonogramem či pracovním popisem. **Selhání lidského činitele** je pak „úplná nebo částečná ztráta pracovní schopnosti jedince způsobená vnějšími nebo vnitřními faktory“ [34]. Lidské selhání se může projevit v nejrůznějších podobách. Nemusí se přitom jednat jen o pochybení jednotlivce (např. přímého viníka nehody), ale může jít též o slabá místa managementu, špatně prováděné kontroly, nedostatečný výcvik a školení zaměstnanců, anebo o individuální selhání pracovníků (i celých pracovních týmů) vzešlé z lajdáctví, podcenění situace nebo neschopnosti řešit danou situaci⁴. Z kauzálního hlediska se selhání lidského činitele (v tomto případě jednotlivce) dělí na primární a sekundární. Primární selhání je situace, kdy daný člověk nedokázal provést zamýšlenou akci díky působení vnějších faktorů – tj. faktorů prostředí; sekundární selhání je pak stav, který byl způsoben vnitřními faktory – tj. faktory souvisejícími s tímto jedincem (fyzický, zdravotní a psychický stav) [50]. Projevem selhání lidského činitele je pak **lidská chyba**.

Za chybu je v obecné rovině považován „jakýkoliv nesoulad mezi vypočtenou, pozorovanou nebo změřenou hodnotou nebo podmínkou na jedné straně a skutečnou

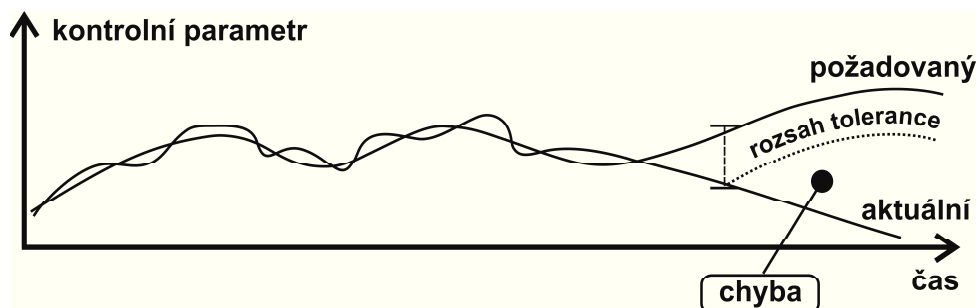
³ PRA je rozsáhlá, strukturovaná a logická analytická metoda, která je určena k identifikaci a odhadu rizika v komplexním technologickém systému [60]. Jejím smyslem je nejen vyjádřit riziko v numerické podobě, ale díky jednoznačným kvantitativním údajům umožňuje přijímat rozhodnutí, zda navržená opatření (která vedou ke snížení míry rizika), jsou z hlediska finanční náročnosti efektivní.

⁴ V této souvislosti se často hovoří o sdílených hodnotách/postojích kolektivů (skupinových normách), které často sklouzávají k provozní slepotě, improvizaci a ulehčování si práce na úkor bezpečnosti.

specifikovanou nebo teoreticky správnou hodnotou nebo podmínkou na straně druhé“ [46]. Tento obecný a čistě inženýrský přístup v roce 1970 implementoval do oblasti studia lidských faktorů L. Rigby, avšak dnes již víme, že tato interpretace má v souvislosti s člověkem jen omezenou platnost. Uvedený přístup totiž pohlížel na lidské chyby pouze z hlediska omezení technické složky pracovního systému a zcela opomíjel výkonová omezení a individuality člověka [49]. V roce 1992 proto Swain navrhl, aby se na lidské chyby pohlíželo jako na „všechny činnosti nebo opomenutí ze strany člověka, která mohou být příčinou nežádoucího důsledku, anebo která mají potenciál ho způsobit“. Tento posun byl ve své době jistě pokrokový, nicméně v pozdějších letech se ukázal jako značně omezený. Dnešní přístup k lidské chybě, který vychází z filozofie navržené Reasonem v roce 1990, totiž přihlíží také k úvaze o aktivaci jejího vzniku. Jeho definice zní: „lidská chyba zahrnuje všechny události, kde plánovaný sled mentálních nebo fyzických činností nedosahuje zamýšleného výsledku, pakliže tato selhání nemohou být připsána na vrub intervenci nějakého náhodného působení“ [31]. Slova „plánovaný a zamýšlený“ jsou však zcela klíčová pro správné pochopení této definice. Znamenají totiž, že ústřední motivem je úmysl, který sestává z konečného stavu (cíle), kterého má být dosaženo a prostředku (činnosti), kterými má být cíl dosažen [51]. Reason tak mimořádně přesně vystihl skutečnost, že ačkoli původní myšlenka Rigbyho byla de facto správná, hlavní rolí člověka v pracovních systémech je dnes především zpracování informací, které přicházejí od technického systému (anebo které tento systém vyžaduje) a jejich variabilní implementace v mezích dle předepsaných požadavků (viz obrázek 2). Spojil tedy původní Rigbyho pohled s moderním pohledem, který vychází z poznatků kognitivní psychologie a řekl, že pro analýzu lidských chyb je nutné využívat jak technické, tak především psychologické postupy zacílené na pochopení kognitivních procesů⁵ [49]. Díky nesprávnému pochopení této filozofie se můžeme ještě dnes v některých studiích setkávat s tím, že za lidskou chybu je označována i chyba, kterou provedlo zařízení nebo technický systém (člověk zařízení přece navrhoval a vyráběl). Takovýto přístup, byť se může jevit jako logický, však nivelizuje příčiny selhání systémů a brání zlepšování [47], což jde proti logice

⁵ Procesy založené na schopnosti člověka vnímat informace a porozumět jim, což umožňuje jedinci provádět činnosti, pomocí kterých odstraňuje rozdíly mezi vnitřním pohledem na prostředí a tím, co ve stejném prostředí skutečně existuje [55].

prováděného hodnocení spolehlivosti lidského činitele v rámci (jasně vymezeného) pracovního systému.



Obrázek 2: Grafické vyjádření Reasonovy definice lidské chyby podle H. Bubba [49].

Pro značnou rozmanitost možných vlivů i konečných důsledků není jednoduché lidské chyby popsat, a proto byly zavedeny tzv. „**chybové módy**“. Chybové módy představují skupiny chyb, které mají určité společné charakteristiky. Byly zavedeny pro detailnější popis základních typů chyb a dnes existuje několik přístupů pro taxonomii chyb, jako například taxonomie podle Swaina a Guttmana, podle Kletze, podle Reasona, podle Rasmussena či podle metody PHEA aj. Podrobné pojednání o těchto přístupech shrnuje práce Jakuba Trpiše (viz [48]), ve které jsou uvedené přístupy přehledně shrnuty, vzájemně porovnány a diskutovány.

Se spolehlivostí lidského činitele a lidskými chybami úzce souvisí též pojem „**chybování lidského činitele**“. Na rozdíl od samotné chyby coby elementárního spolehlivostního prvku, představuje chybování určitou vlastnost systému, jež zahrnuje jak proces vzniku možných chyb, tak chyby samotné, popřípadě i informaci o interakci člověka s ostatními částmi pracovního systému, které vznik selhání ovlivnily. Chybování je tedy nutné vnímat jako projev následků určitých systémových nedostatků (lidských, technických a situačních vyplývajících z krajně nepříznivých vnějších podmínek) nebo nedostatečných schopností lidského faktoru. Chybování může být představováno sledem chyb, ať již vzájemně přímo souvisejících, anebo procesem, ve kterém se čas od času různé chyby (navzájem nezávislé) vyskytnou. Chybovat může jedinec nebo i celý pracovní kolektiv současně [34]. Posuzujeme-li chybování lidského činitele, musíme s ohledem na kauzalitu přihlížet též k **příčinám**, které představují určité negativní vlivy, které na člověka

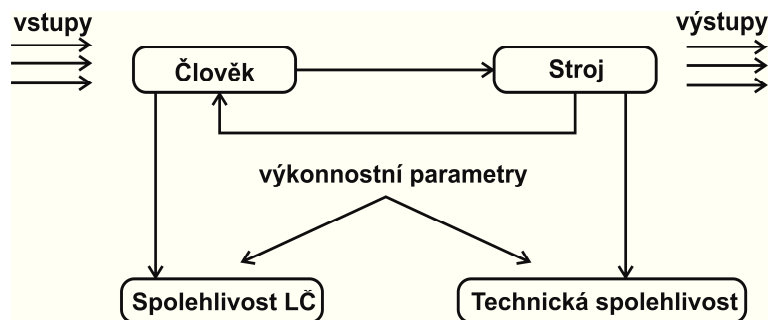
působí tak dlouho, resp. s takovou intenzitou či ve vzájemné kombinaci, až dojde k jeho selhání – vykonání chyby. Při analýze chyb se rozlišuje několik kategorií příčin, které jsou podrobněji popsány v kapitole 3.5.3.

Z výše uvedeného je zřejmé, že nejen problematika lidského činitele, ale také terminologie, která se k této oblasti váže, je značně složitá, komplikovaná a v určitých ohledech nejednoznačná (zejména díky různým jazykovým mutacím a překladům). Proto je v poslední době vynakládáno nemalé úsilí odborníků tento stav změnit a přerodit studium lidských faktorů do samostatné a plnohodnotné multioborové vědní disciplíny s vlastní terminologií⁶. Jelikož není cílem této práce se detailněji věnovat této problematice, odkazuje autor na příslušné odborné práce uvedené v použité literatuře.

3.3 Interakce člověka a stroje

Systémem člověk-stroj (Men-Machine System – MMS) rozumíme soustavu, kterou tvoří pracovník (pracovní skupiny) a pracovní prostředky (stroje, technická zařízení) včetně pracovního předmětu, v níž jsou určitým způsobem rozděleny funkce mezi lidské a technické komponenty, jejíž cíl je přesně vymezen a realizuje se v daném pracovním prostředí (viz obrázek 3). Stroj v tomto případě představuje pracovní prostředek obecně, počínaje jednoduchým nástrojem či nářadím přes jedno či víceúčelový stroj, technické zařízení, hardware až po řídicí centrum [37].

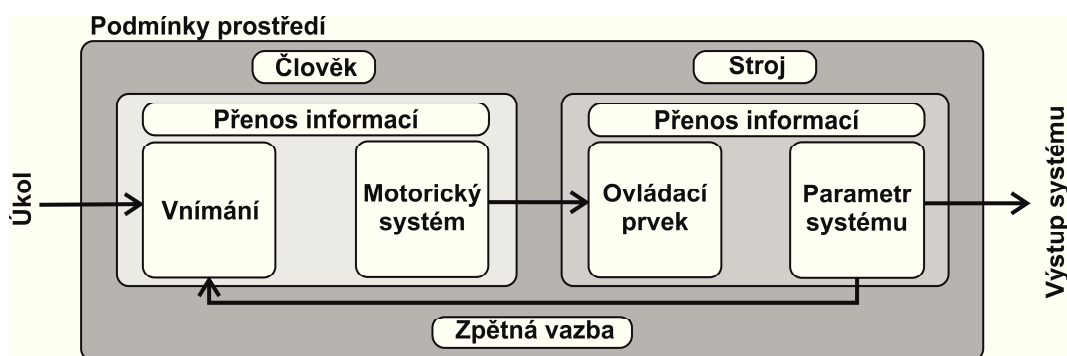
⁶ V návaznosti na vývoj v bezpečnostním inženýrství v 90. letech 20. století, přijala Organizace pro ekonomickou spolupráci a rozvoj (OECD) v roce 2007 první oficiální terminologii pro oblast lidského činitele v chemickém/procesním průmyslu, s cílem odstranit nejasnosti v používané terminologii. Této vrcholné schůzky nazvané „Workshop on Human Factors in Chemical Accidents and Incidents“, která se konala pod záštitou německého předsednictví EU v květnu 2007 v Postupimi, se zúčastnil také autor této disertační práce coby člen delegace České republiky vedené zástupci Ministerstva životního prostředí. Ačkoli uvedená terminologie nebyla v ČR doposud implementována do žádného právního předpisu ani technického normativu, přesto posloužila pro tvorbu národního „Terminologického výkladového slovníku k problematice spolehlivosti lidského činitele“ [34].



Obrázek 3: Schéma systému člověk-stroj.

Mezi spolehlivostí stroje a spolehlivostí lidského činitele jsou identifikovány základní rozdíly především ve způsobu zpracování informací a ve způsobu dosažení cíle. Všechny technické komponenty, kterými je uskutečněna interakce mezi člověkem a strojem, je nazýván interface. V české terminologii jej často označujeme jako rozhraní, které může sloužit pro jedno- anebo obousměrný přenos informací mezi strojem a člověkem [34]. V praxi je rozhraní reprezentováno sdělovači a ovládači (např. železniční návěstí, ukazatel měřicího přístroje, telefon, displej, siréna, ovládací panely, klávesnice, počítačová myš, zakončení nástrojů, atd.).

Výměna informací prostřednictvím interface je jedním z klíčových elementů ovlivňujících spolehlivost systému, a proto se tomuto prvku musí věnovat zvláštní pozornost [49]. Průběh výkonu zadaného úkolu včetně role člověka a stroje zachycuje obrázek 4.



Obrázek 4: Základní diagram vztahů uvnitř systému člověk-stroj [49].

Funkce moderních automatických systémů je založena na neustálé oboustranné výměně informací mezi člověkem a hardwarem, avšak zásahy člověka jsou omezeny na minimální úroveň na rozdíl od kontrolní funkce lidského operátora. V poslední době je však značně diskutována otázka priority rozhodování [57], zejména pak při nestandardních situacích, jejichž parametry nemusejí být vždy předem známy.

Jak již bylo uvedeno, člověk se při rozhodování neřídí předem stanovenými pravidly, na rozdíl od stroje. Člověk je kreativním prvkem pracovního systému, a při řešení mimořádných situací dokáže využít pro něj specifické vlastnosti, jakými jsou myšlení, schopnost učit se novým věcem, získávat zkušenosti a umění poučit se z nezdaru. To stroj nikdy umět nebude. Na druhou stranu u stroje lze takřka vždy predikovat, jak bude reagovat po přijetí daného podnětu. Další pozitivní vlastností stroje je skutečnost, že jeho výkon není na rozdíl od výkonu člověka ovlivněn únavou [36]. Činnost stroje totiž probíhá podle stále stejného předdefinovaného algoritmu a každá jeho provedená operace je tudíž identická. Také výkon dnešní výpočetní techniky mnohonásobně předčí možnosti lidského mozku, zejména pak v otázce rychlosti výpočtu a kapacity paměti [48]. Zdálo by se, že spojit takto rozdílné prvky systému je vlastně výhodou a při zajištění pečlivého designu stroje lze dosáhnout vysoké spolehlivosti systému. Realita se však od této úvahy často značně liší. Příčinou je totiž skutečnost, že (informační) vstup do systému má stochastický charakter, takže není možno činnost systému v libovolném okamžiku přesně a s jistotou předpovědět [76]. Proto není ani možné zkonstruovat stroj, který by dokázal automaticky podle předepsaného algoritmu vyřešit všechny variantní situace, jež se mohou při plnění pracovního úkolu vyskytnout. Z tohoto důvodu je tedy jakákoli snaha o určení spolehlivosti systému v podstatě neřešitelný úkol a v praxi se tak omezuje pouze na numerický odhad pravděpodobnosti vzniku nevyžádané operace, tj. chyby.

Už z vlastní podstaty konstrukce a funkce systému člověk-stroj je při hodnocení spolehlivosti tohoto systému nutné analyzovat jak hardware (technickou část), tak i činnosti člověka, kterým je daný stroj řízen anebo obsluhován. Nelze však hodnotit zvlášť hardware a zvlášť lidského činitele, neboť tyto součásti systému se navzájem ovlivňují. To činí exaktní hodnocení spolehlivosti systému člověk-stroj značně komplikovaným úkolem, o jehož vyřešení se již více jak 40 let snaží celá řada teoretických přístupů (např. teorie pravděpodobnosti, teorie informace, teorie zpětné vazby, teorie rozhodování, teorie her, teorie spolehlivosti, teorie udržitelnosti, teorie pohotovosti, teorie simulace apod.).

Jejich cílem je nalézt odpovědi na statistický charakter pochodů, které je nutné v systému řídit, a matematicky je popsat. To však naráží na problémy, jež souvisejí s vlastním funkčním zapojením člověka do tohoto systému. Zmiňme zde ty nejpalčivější [76]:

- **Problém distribuce funkcí:** co se má v systému svěřit člověku a co stroji? Tento problém nelze řešit, aniž hlouběji poznáme schopnosti a možnosti obou složek MMS a zjistíme, které funkce zastává lépe stroj a které člověk.
- **Poznání individuálních rozdílů mezi lidmi** s ohledem na funkce, které mají v systému zastávat, zjištění upotřebitelnosti různých lidí, jejich odlišných schopností, možností, charakteristik atp. v daném systému je druhým souborem problémů, které je třeba řešit při začleňování člověka do složitého technického systému.
- **Poznání vlivu podmínek,** které ovlivňují spolehlivost lidské činnosti. Jsou rozmanité fyzikální, informační, biologické, chemické, sociální, ekonomické a jiné podmínky.

Nepoznáme-li tyto vlivy a nerespektujeme-li je, dospějeme k systému s nevhodnými charakteristikami. Pro hodnocení spolehlivosti v systému MMS je proto nutné dokonale poznat jeho jednotlivé komponenty. Těch je podle Swaina a Guttmanna celkem devět a popisují určitá kritická místa, která mohou být „zasazena“ selháním lidského činitele. Smyslem prováděných analýze je proto identifikovat slabá místa v rámci těchto komponent a predikovat možné chyby, které se k nim vážou. Swain a Guttmann pro tento účel definovali dva základní druhy chyb (chybové módy) [39]:

- Chyba vynechání (error of omission) – chyba vzniklá z důvodu, že člověk vynechal či neprovedl nějaký krok, který provést měl (např. zapomněl, neuvědomil si, nerozpoznal signál apod.).
- Chyba provedení (error of execution, error of commission) – chyba vzniklá v důsledku nesprávně provedené akce (např. provedení jednotlivých úkonů v nesprávném pořadí, příliš brzy nebo příliš pozdě, v příliš malém rozsahu nebo ve špatném směru).

S přihlédnutím k charakteru zpracovávání informací představují uvedené chybové módy vůbec nejjednodušší pojetí funkce člověka coby jednokanálového komunikačního systému s omezenou kapacitou, jak jej ostatně popsal již v roce 1958 Broadbent [76].

Jednotlivé komponenty systému člověk-stroj a související nejčastější chyby lidského činitele jsou [49]:

- Úkol – chyby vynechání
- Člověk – chyby vynechání, chyby provedení
- Aktivita – chyby provedení
- Zpětná vazba – chyby vynechání
- Pořadí problémů – chyby vynechání
- Pořadí zpráv – chyby provedení
- Systém – chyby provedení
- Situace
- Prostředí

Na jednotlivé komponenty systému člověk-stroj výrazně působí také vnější faktory PIF, které mohou vyvolat selhání systému MMS. Takto vzniklé chyby pak nazýváme „chyby vyvolané podmínkami“ [49]. Mezi tyto chyby patří nejen lidské chyby, ale také selhání určitých funkcí stroje například vlivem fyzikálních podmínek prostředí, nevhodným nastavením, nekompatibilitou apod.

3.4 Selhání lidského činitele

Již Seneca prohlásil „*Errare humanum est*“, tedy „chybovat je lidské“. S jistou nadsázkou lze tento výrok považovat za první empirický postulát z oblasti studia lidských faktorů, neboť je nevyvratitelný a každý člověk si jej mnohokrát ve svém životě potvrdil. Rádo by se chtělo na něj navázat citátem Cicerovým: „*Cuiusvis hominis est errare, nullius nisi insipientis in errore perse verare*“, tedy „chybovat je v povaze každého člověka, ale jen hlupák na svém omylu setrvává“, nicméně o jeho platnosti lze pochybovat. Smutné

zkušenosti z nejrůznějších průmyslových havárií totiž poukazují spíše na opačný přístup uplatňovaný ze strany pracovníků. Přitom chyby mohou být cenným poučením jak pro ty, kdo na nich měli podíl, tak i pro ty, kteří jimi mohou být v budoucnu konfrontováni. Přesto toho často nedbáme – buď chyby nevidíme, nebo děláme, že je nevidíme, anebo z nich naopak děláme aféry [76].

Z praxe dobře víme, že lidé chybují (1) vědomě (záměr, improvizace, neznalosti), (2) nevědomě (kiksy, opomenutí, omyly, provozní slepota, nepovšimnutí) nebo (3) vynuceně (příkaz nadřízeným, usnadňování si práce, špatné skupinové normy). Předpoklad, že se z provedené chyby poučíme, však vyžaduje, aby si daný jedinec chybu uvědomil/připustil si ji, byl schopen vyhodnotit její příčinu a dokázal přijmout adekvátní opatření proti jejímu opakování.

Podmínky v provozní praxi lidi často k chybě přímo podněcují – ať už se jedná o působení vnějších faktorů (např. pracovní podmínky, prostředí, přetížení, stres aj.) anebo vlivem zavedených (nezměnitelných) pravidel či nízké úrovně firemní kultury (např. organizace práce, tlak na úspory materiálu a vyšší produktivitu práce na úkor bezpečnosti aj.). Četnými experimenty i empirickými zkušenostmi nicméně bylo potvrzeno, že pracovní zátěž působí na lidi do jisté míry pozitivně. Člověk je nejspolehlivější za mírné úrovně zátěže, která se nemění náhle a neočekávaně. Za mimořádné pracovní zátěže mohou chyby vznikat při neschopnosti člověka zvládnout informační míru, avšak dobrým tréninkem se dá chybování i v těchto situacích poměrně výrazně snížit. Při nízké zátěži se člověk naopak stává fyzicky spokojený a snižuje se jeho pozornost, která není vyžadována. Tato situace také vede k vyšší pravděpodobnosti vzniku chyby [51].

Na lidské chyby je tedy nutné pohlížet velmi pečlivě a v kontextu na řadu okolností, které ji ovlivňují. Klíčové je zejména pochopení fyziologických (fyzických a senzorických) a psychologických (mentálních, kognitivních a behaviorálních) procesů, protože pouze tak lze chybám rozumět, odhalovat jejich pravé příčiny a díky nim se učit.

3.4.1 Moderní pohled na lidskou chybu

V praxi se často stává, že je vina za selhání lidského činitele je ponechána na obsluhu (tedy na posledním článku, který k dané nehodě přispěl). Zda je nehoda způsobena obsluhou anebo systémem řízení, je však často sporné a nic na tomto faktu nezmění ani skutečnost, že většina (neprofesionálně vedených) vyšetřování vede ke konstatování, že selhal člověk. Přitom již v roce 1928 Spearman vyjádřil znepokojení, že manažeři s oblibou svádějí vinu za cokoli na pochybení svých podřízených, aniž by se zamysleli nad pravou příčinou věcí (např. psychologické předzvěsti, nevhodný design zařízení či uspořádání pracoviště, chyby v organizaci práce apod.) [31].

Tuto skutečnost lze poměrně dobře demonstrovat na dvou případech. V prvním případě, se jedná o pracovníka, jenž musí vykonávat úkol v omezeném prostoru. Když se pokusí dosáhnout na nástroj, jeho předloktí neúmyslně aktivuje vypínač. Výsledkem toho je emise tepla. Vizuální zpětná vazba není možná kvůli nemotorné pozici pracovníka, kterou byl nucen zaujmout. Hmatové vjemy není možno zaznamenat kvůli opatřením, jimiž je přikázáno nosit ochranný oděv. Ačkoliv sluchová zpětná vazba nastala, tak není slyšitelná díky velkému hluku v okolním provozu. Zbytkové páry pocházející ze zřídka prováděné procedury během předešlé směny se vznítí a vyústí v explozi. Ve druhém případě je pak pracovník nucen přizpůsobit se nerealistickým požadavkům, které jsou sepsány v pracovních předpisech. Musí totiž splnit cíle, které jsou neustále požadovány ve formě úkolů směny, omezením na zdrojích a změnách v plánech výroby. Pracovníkem je tedy změněn výrobní postup, tak aby byly cíle splněny. Managementem jsou tyto úpravy mlčky přehlíženy. Avšak v případě, kdy dojde k nepředpokládanému scénáři a úpravou pracovníka je způsobena nehoda, dává management rychle „ruce pryč“. Odvolává se na to, že pracovníkovi nebude poskytnuta podpora z toho důvodu, že jeho jednání bylo v rozporu s pracovními předpisy [48].

V prvním případě bylo jednání obsluhy, které vedlo k nehodě neúmyslné, kdežto v druhém případě se jednalo o úmyslné, avšak vynucené jednání. V obou případech je rozporuplné, zda byla nehoda zaviněna obsluhou. Jeden pohled je z pozice, kde je vina „přesunuta“ z obsluhy na management anebo designéra. Skrytými chybami managementu anebo designérů by byla obsluha zproštěna viny v obou těchto případech. Z druhého pohledu je za nehodu zodpovědná obsluha. Zda k akcím (které vedly k chybě) došlo díky

pohodlí pracovníka anebo jeho neschopnosti posoudit závažnost jeho akcí, není podstatné [48]. Konečným výsledkem je vždy značné podcenění vlivu souvislostí. Jinými slovy obsluhou byly vyhodnoceny jednotlivé kroky jeho činnosti a podceněn celkový význam všech jeho kroků dohromady.

Pohledy, u kterých je z velké části odmítána chyba ze strany obsluhy, jsou lákavé a v určité míře oprávněné. Avšak problémem není, zda by tyto pohledy měly být zamítnuty, ale zda by měly být naopak přijaty. Je potřeba tomuto mechanismu porozumět, aby byly sníženy následky a četnost výskytu lidských chyb. Z tohoto pohledu mohou být chyby rozděleny na aktivní chyby (způsobené obsluhou) a skryté/latentní chyby (způsobené designem a managementem). Většina nehod je zapříčiněna několika příčinami (jak aktivními, tak latentními). To znamená, že zde bylo působeno více než jedním PIF a došlo k jejich vzájemné interakci. Často jsou při vyšetřování nehod pozorovány snahy vyšetřit tu „jedinou“ příčinu, avšak tímto může dojít ke zkreslení nehodového ději a mohou být ignorovány ostatní příčiny nehody. Všechny tyto příčiny je nutné vyšetřit a změnit systém tak, aby byl vůči nim odolný a bylo do budoucna zabráněno stejné nebo podobné nehodě.

Spolehlivost systému může být zvýšena pouze, pokud je mu plně porozuměno. Proto je potřeba, aby byl zaujat multioborový přístup. Premisy různých profesí jsou někdy neslučitelné. Člověk je u inženýra považován za součást systému se stejnými parametry, které jsou určeny pro stroje. U psychologa je předpoklad, že lidskému chování může být plně porozuměno, pouze pokud jsou nám známy subjektivní cíle jednotlivce. U sociologa je kladen největší důraz na převládající sociotechnický systém. Nástroje jako způsob vedení kolektivu, organizační struktura, atd. jsou považovány za prostředek, jak pozitivně ovlivnit výskyt chyb. Pohled u všech těchto profesí je správný, vše je určeno úhlem pohledu. V praxi je tedy výhodné a žádoucí kombinovat poznatky metody a přístupy z různých oborů lidské činnosti [51].

Na člověka bylo v oblasti procesního průmyslu dlouhou dobu nazíráno jako na černou skříňku, které přísluší stejné parametry jako stroji. Nebyly brány v potaz psychologické a sociologické aspekty tohoto prvku systému, avšak člověk má své cíle zájmy a vidí svět subjektivně a je tedy nutné tyto aspekty sledovat. Pochopením lidského jednání a tím, jak může být tato znalost použita při zvýšení spolehlivosti lidského činitele, jsou obsahem kognitivního přístupu. V době, kdy bylo pro řízení složitých technologických

celků potřeba obrovské veličiny plné různých ovladačů a sdělovačů, bylo zapotřebí odlišného ergonomického přístupu, než v dnešní době. Analytikem bylo hodnoceno, jak jsou jednotlivé ovladače umístěny daleko od sebe, jestli jsou správně seřazeny, atd. V současnosti, kdy je většina takto složitých technologických celků řízena počítačem, je pozornost zaměřena na software a zda je správně naprogramován (zda jsou poskytovány relevantní situace, je přehledný a snadno ovladatelný, atd.).

V moderní psychologii je proto lidská chyba často chápána jako „okno do hlouby vědomí“. Tato fráze podtrhuje skutečnost, že veškeré psychologické zkoumání příčin selhání lidského činitele je od prvních počátků až po současnost vedena snahou získat, za pomoci pozorování lidské přirozenosti a takto vznikajících chyb, dostatek informací potřebných pro navržení modelu zpracování informací v mozku člověka. Komplexní pochopení těchto procesů by teoreticky umožňovalo předpovídat lidské chování, nicméně tato možnost ještě dlouho bude jen v rovině „science-fiction“ [49].

3.4.2 Kauzalita nežádoucích událostí

Nehodu si tak lze představit jako proces, jehož scénář zahrnuje několik po sobě jdoucích událostí, které vycházejí z určité příčiny, překonávají postupně všechny existující bariéry (ochrany) a končí v podobě určitého nežádoucího následku – vzniká škoda. Tento model se nazývá **kauzalita**. Základním předpokladem vzniku nehody podle tohoto přístupu je aktivace nebezpečné vlastnosti daného zdroje rizika. Ze statistik víme, že tuto aktivaci lze v naprosté většině případů spojovat se selháním lidského činitele, resp. vznikem lidské chyby.

První vertikální tříúrovňový hierarchický model pro pochopení havárií navrhnul v roce 1987 Lewycky [58]. Jeho model představuje zevšeobecněnou strukturu kauzality, kde nejnižší úroveň popisuje mechanismus havárie, tj. základní řetězce jevů/událostí (např. řidič prudce zabrzdil, auto dostalo smyk a narazilo do stromu, řidič byl při nárazu vymrštěn z auta a zraněn), druhá úroveň chápání příčinnosti havárie zahrnuje podmínky/faktory, resp. nepřítomnost podmínek, které dovolily, aby k událostem popsaných na první úrovni mohlo dojít (např. řidič nevěděl, jak předejít smyku, nebo jak ho zarazit; auto nebylo vybaveno antiblokovými brzdami; řidič jel příliš rychle, silnice byla mokrá od deště, a proto byla adheze snížena; před autem se náhle objevil nějaký předmět a řidič musel rychle zabrzdit; řidič neměl zapnutý ochranný pás; ochranný pás byl

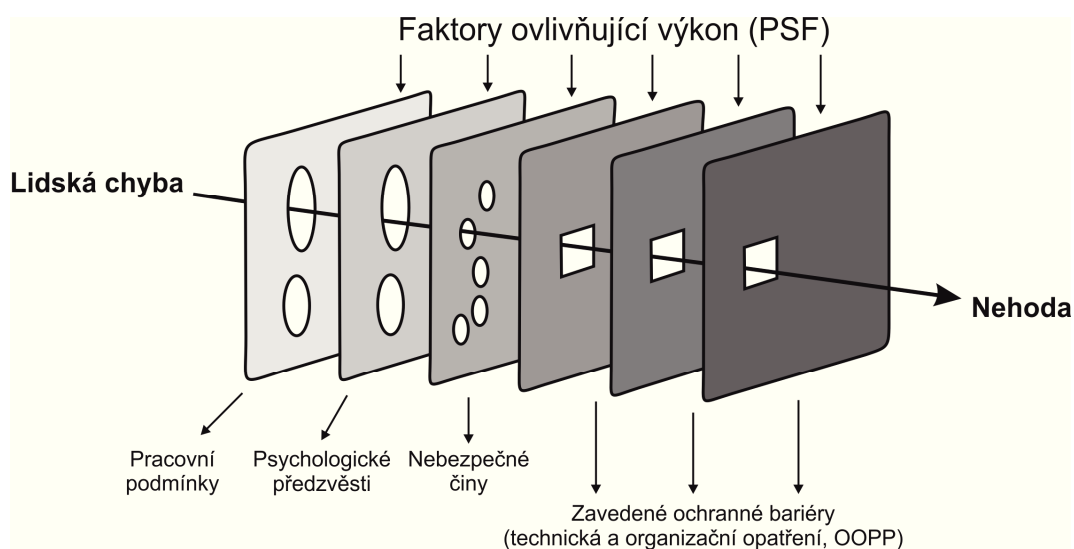
poškozený apod.). Na této úrovni mohou být zvažovány i takové podmínky, které nemusely být naplněny předtím, než k havárii došlo. Třetí úroveň pak zahrnuje všechna omezení a nařízení, nebo jejich absenci, která umožnila, aby podmínky zjištěné na druhé úrovni způsobily události popsané na první úrovni, nebo že dovolily existenci příčinných podmínek/faktorů jako takové. Tato úroveň zahrnuje omezení/nařízení/požadavky ve formě zákonů, vyhlášek a norem na technické a fyzikální podmínky, sociální dynamiku, činnost člověka, management a organizační kontrolu a na vládní, resp. socio-ekonomickou politiku v předmětné oblasti průmyslu. Na třetí úroveň se často odvoláváme jako na kořenové příčiny havárie. Kořenové příčiny se vyskytují ve všeobecných třídách havárií; jsou to nedostatky, které nejenže přispěly k vyšetřeným haváriím, ale které mohou ovlivnit i havárie v budoucnosti. V reakcích na havárie je zjevná tendence dát do pořádku jen specificky vybrané příčinné faktory, přičemž zůstanou nepovšimnuté všeobecnější, dokonce i kořenové příčiny. Daleko častěji bývá vina svalena na selhání člověka, nebo na nedostatky/poruchy zařízení, než např. na nedostatečný výcvik, absenci všeobecné kontroly (dozor) nebezpečí, nebo nedostatky managementu [27].

Jiný model kauzality, a to horizontální, navrhl Reason a v roce 1990 jej publikoval pod označením bariérový⁷. Reason vyšel z úvahy, že aby došlo k nehodě je zapotřebí, aby byly překonány nejrůznější bariéry. Těmito bariérami mohou být jak fyzické překážky bránící například pohybu či zpomalující pohyb (např. zábrany pro vstup nepovolaných osob) či prvky bránící/omezující šíření nežádoucích jevů (např. stabilní hasicí zařízení, požární uzávěry a klapky apod.) tak i bariéry poskytující pasivní ochranu (např. stínění proti záření, ochranné kryty, ochranná zařízení), resp. ochranu aktivní (např. bezpečnostní funkce řídicího systému, blokovací zařízení, monitorovací systémy a signalizace, zařízení nouzového odstavení, apod.) [34]. Mimo tyto „hmotné“, reálně existující bariéry však Reason – zastánce uplatňování kognitivních procesů – mezi bariéry zařadil také jednání lidí směřující k odvrácení důsledku vzniklé chyby. V této souvislosti se může jednat například o sebekontrolu prováděných činností, která provedení chyby včas odhalí, aktivní zásah člověka podle znalostí, dovedností či pravidel v okamžiku signalizace nebezpečí (projevu provedené chyby), kontrolní činnost anebo zálohování lidských funkcí v rámci

⁷ Hovorově je tento model podle svého grafického vyobrazení nazýván jako „model ementál“ či „model švýcarského sýra“.

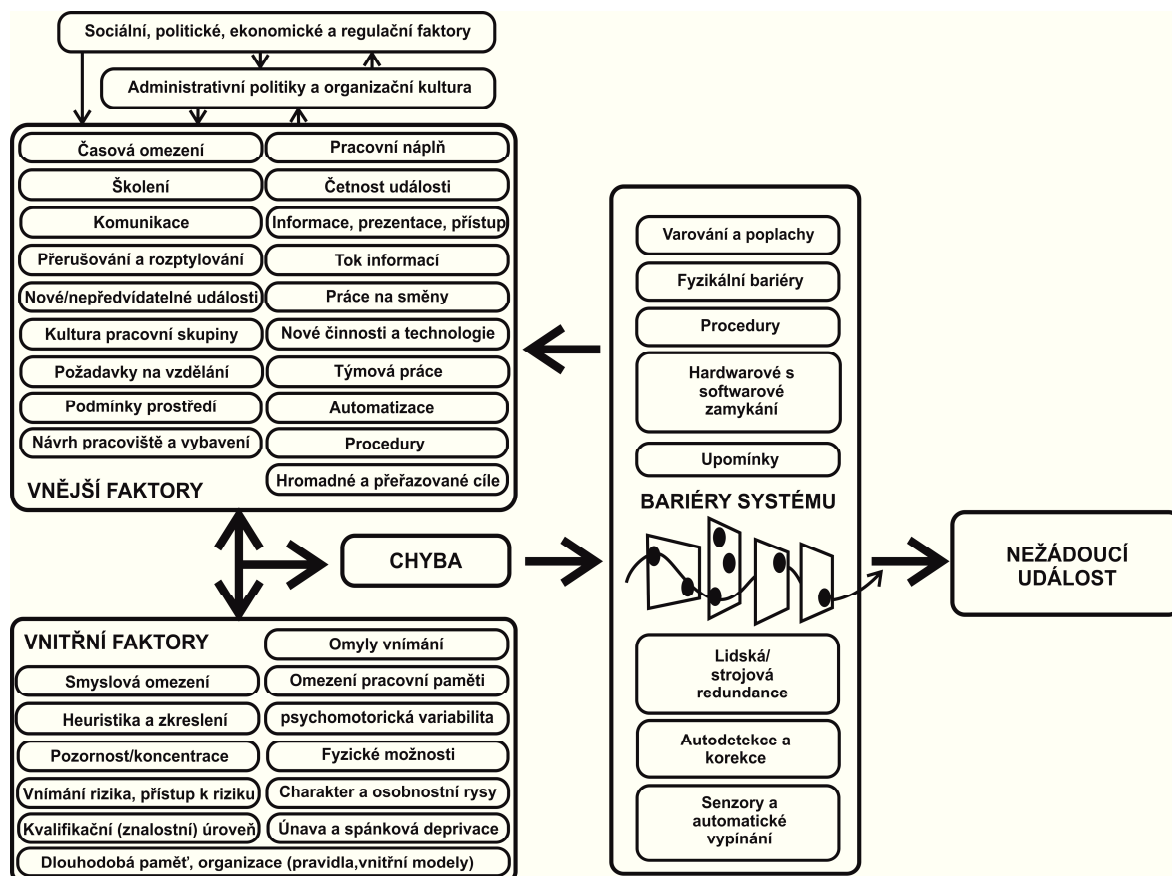
pracovního týmu apod. Úroveň těchto ochran pak souvisí se způsobem řízení bezpečnosti, s organizací práce či výcvikem zaměstnanců apod.

Rozvoj události, resp. vznik škody, pak Reason popsal jako sekvenční proces připomínající letící šíp, který aby mohl překonat všechny uvedené bariéry, se musí v daný okamžik střetnout právě do slabých míst (charakterizovaných dírami) ve všech existujících bariérách. Čím slabší a méně účinné zavedené bariéry jsou, tím větší jsou pomyslné díry a o to větší je pravděpodobnost, že se v daný okamžik vzájemně „překryjí“ (viz obrázek 5).



Obrázek 5: Reasonův bariérový model [31].

Komplexnější pohled na vznik nehody pak navrhl Sharit, který Reasonův přístup rozšířil o podrobnější popis relevantních PIF faktorů a především o zpětnovazební smyčku, zachycující správnou reakci ochranných bariér systému na vzniklou lidskou chybu (viz obrázek 6).



Obrázek 6: Systém vzájemných vazeb ovlivňujících vznik lidské chyby a selhání ochranných bariér s vedoucí ke vzniku nehody [71].

3.4.3 Zotavení po lidské chybě

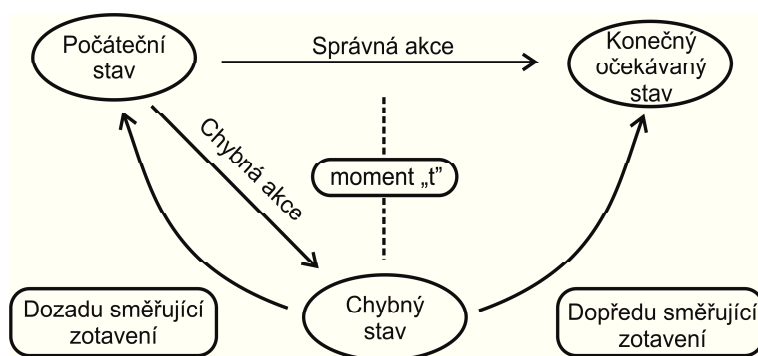
Lidské chybě může být zabráněno, ještě než vznikne, za pomoci preventivních opatření. Ta by měla být zařazena již do samotného designu technologie, kterou bude člověk využívat. Samozřejmě, že takto nelze úplně zabránit výskytu chyb, a proto je nutné zavádět řadu represivních opatření reagujících na vzniklou chybu a navracející systém do normálního provozního režimu. Tomuto principu říkáme **zotavení po lidské chybě**.

Existuje několik různých možností zotavení po lidské chybě. Základním předpokladem je, že vzniklá chyba bude včas zaregistrována. V některých případech dochází k zotavení funkcí systému samovolně, protože systém je na řešení dané odchylky naprogramován a dokáže automaticky provést potřebné kroky k její nápravě [48]. V případě, že tato funkce v systému pro danou chybu není zabudována, je třeba postupovat manuálně, což bývá často problém.

Jambon popsal dva druhy zotavení, a to dopředu směřující a dozadu směřující [16]. Proto, aby mohly být tyto pojmy vysvětleny, si je zapotřebí nejdříve definovat pojmy:

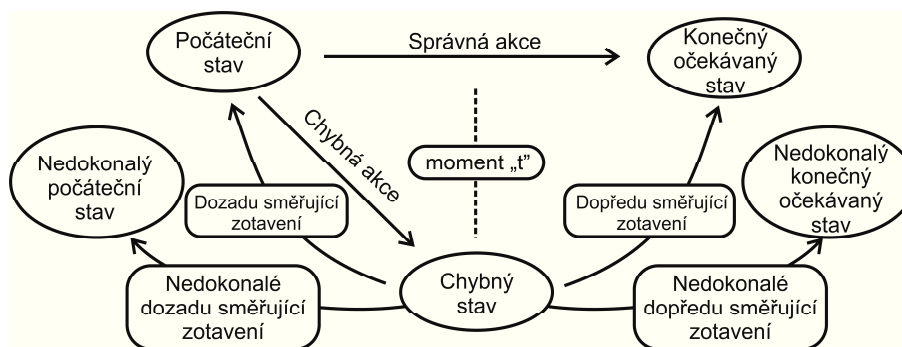
- Počáteční stav – stav systému před výskytem chyby.
- Konečný očekávaný stav – stav systému, který byl obsluhou očekáván na základě jejích akcí.
- Chybný stav – stav systému, který byl zapříčiněn lidskou chybou.

Dozadu směřující zotavení je tedy viděno jako pokus o obnovení systému do počátečního stavu poté, co byla zaznamenána lidská chyba. Oproti tomu všechny akce, kterými je dosažen konečný očekávaný stav, jsou považovány za dopředu směřující zotavení. V obou případech se jedná jak o jednoduché akce, tak o komplexní plánované akce (od výměny žárovky až po odstavení jaderného reaktoru). Na případě lze poukázat na rozdíl mezi dopředu směřujícím a dozadu směřujícím zotavením. V případě výbuchu reaktoru jaderné elektrárny Černobyl bylo při stavbě sarkofágu provedeno dopředu směřující zotavení, jelikož nebylo možné systém uvést do počátečního stavu. Pokud dojde k prasknutí žárovky, tak je její výměna řazena mezi dozadu směřující zotavení, jelikož je v systému dosaženo počátečního stavu. Klíčovou roli v zotavení hraje čas. Pokud zotavení přijde příliš pozdě a dojde k nenapravitelné změně systému, jedná se o dopředu směřující zotavení. Je tak možno stanovit moment „t“. Než je tohoto momentu dosaženo, tak se jedná o dozadu směřující zotavení a po jeho překročení může být dosaženo pouze dopředu směřující zotavení [16], [48]. Model zotavení systému je znázorněn na obrázku 7.



Obrázek 7: Schéma zotavení systému [16].

V reálném světě však nemusí být dosaženo ideálního zotavení. V případě, že je rozbit talíř, tak slepením jeho střeptů je dosaženo pouze nedokonalého zotavení. Tento fakt je obsažen na obrázku 8.



Obrázek 8: Reálné schéma zotavení systému [16].

Uvedený přístup je ryze inženýrským pohledem, který neuvažuje žádné předpoklady z oblasti kognitivní psychologie. Člověk se totiž ve srovnání s technikou vyznačuje nesrovnatelně větší variabilitou a komplexitou jednání a reakcí na vzniklý stav. Ve stejné situaci se také nechová vždy stejným způsobem a tedy stejnou funkci, úlohu nebo činnost může provádět různým způsobem, aniž by přitom snížil bezpečnostní riziko systému [57]. Je zřejmé, že teoretický popis tohoto problému je natolik složitý, že není možné se mu zde blíže věnovat.

3.4.4 Omezení vlivu lidského činitele pomocí automatizace

Primárním účelem zavádění automatizace bylo omezení pracovní zátěže člověka provádějícího fyzicky a mentálně náročné činnosti a snaha vyhnout se jeho chybám – zprvu při běžných a později (s rozvojem automatů a počítačů) i při nestandardních situacích. Tato očekávání však nebyla i přes značné úsilí vědy a techniky naplněna [51], protože automatizace neumožnila lidi zcela nahradit a vyloučit je tak ze systémů řízení, ale pouze je přesunula do údržbářských a opravářských funkcí anebo vyšších úrovní supervize a rozhodování. Efekty rozhodnutí a zásahů člověka na těchto vyšších úrovních řízení

mohou být však extrémně závažné, obzvláště při paralelně se zvyšující složitosti zařízení, kde se proces rozhodování stává velmi obtížným [27].

Kupříkladu v letecké dopravě se počty nehod zaviněných pilotem či posádkou výrazněji nesnížily, byť automatictí piloti zvládají po většinu letu řídit letadlo sami. To lze částečně vysvětlit skutečností, že rozvoj techniky byl vyrovnán nárůstem hustoty dopravy, čtenějším provozem za extrémních podmínek aj. Je spíše překvapujícím faktem, že stále více pilotů a posádek si však stěžuje na vzrůst zátěže v kabině, která je důsledkem samotné automatizace. O tomto jevu se hovoří jako o „paradoxu automatizace“. Automatizace mění charakter práce a omezuje autoritu pilota. Modifikuje též profil toku informací, jež pilot potřebuje i užívá a vede ke ztrátě přímého smyslového kontaktu s úkolem, který má být proveden. Automatizace zahrnuje oblast od jednoduchých dílčích úkolů, které lze snadno automatizovat, až k úkolům velmi komplexním [51].

Automatizace také mění charakter chyb člověka. Objevují se jejich nové typy, které se dříve nevyskytovaly. Užívání automatizace může narušit dovednosti pilota či posádky, které jsou nezbytné v případě odchylky od standardní k rizikové situaci, která vyžaduje intervenci člověka. Nejen v letectví, ale také v řadě jiných odvětví bylo zjištěno, že při užívání počítačů (manuálně obsluhovaných) se výrazně zkracuje čas, kdy obsluha sleduje, co se děje v okolí pracoviště. Jiné, tzv. „prstové chyby“ při používání klávesnic vedou k chybnému uvádění vstupních dat či k chybnému ovládání. Automatizace také často vede k poklesu koordinace v pracovním týmu a svádí k pocitu **sebeuspokojení**⁸. Dokonalejší technika přináší operátorovi více informací, což logicky vede k silnějšímu pocitu nezávislosti mezi členy týmu. U pilotů letadel tento stav kupříkladu mění konfigurace či operační parametry, aniž by druhý pilot byl o této změně uvědoměn [51].

Moderní automatizace umožňuje začlenit do rozhodování také kognitivní procesy člověka, protože pouze tak bude role člověka opodstatněná (a nebude docházet k sebeuspokojení). Ovšem současným požadavkem v takovém případě je, aby zaváděné systémy byly tolerantní k lidským chybám. Automatizace budoucnosti tak bude akceptovat možnost výskytu chyb, bude na ně připravena, a ba co víc, bude s nimi počítat. Pokud bude

⁸ Sebeuspokojení je chápáno jako přílišná víra v to, že nebezpečný proces (technologie) je tak zabezpečený automatikou, že k havárii nemůže dojít. Spolehlivost systému je obsluhou přeceňována, přičemž nejsou doceňována možná slabá místa techniky a řídicího procesu.

takto navržený systém plně funkční, bude sám schopen předem odhalit blížící se chybu obsluhy a vydá k němu výstrahu. Vyvinout takto pokročilé systémy řízení nebude jistě pro inženýry, programátory a psychology snadný úkol.

3.4.5 Typologie lidských chyb

Chybování lidského činitele lze strukturovat podle různých hledisek. Jedná se např. o příčiny, důvody, preventivní opatření, následky atd. chybování lidského činitele. V praxi se vyskytují multifaktoriální podmínky chybování lidského činitele a jednotlivé faktory vytvářejí řetězce příčin a následků. Jedním z přístupů uváděných v literatuře je typologie (klasifikace) lidských chyb jako následek určitých systémových nedostatků nebo nedostatečných schopností lidského činitele.

Ústředním problémem v klasifikaci chyb je nemožnost sladit často velmi specifické příčiny konkrétních chyb, protože chyby vznikají z nejrůznějších důvodů a často jako důsledek vícero příčin. Z tohoto důvodu existuje několik klasifikací a taxonomií, které se orientují na různé klíčové atributy – Reason uvádí tři základní skupiny a to (1) přístupy behaviorální, (2) konceptuální a (3) kontextuální [31].

V nejjednodušším pojetí lze však lidské chyby rozdělit na **vědomé, nevědomé a vynucené**. Vědomé a nevědomé chyby pak Reason z behaviorálního pohledu dělí ještě na chyby vzniklé selháním znalostí a na chyby z nedostatku znalostí. Tato filozofie posloužila Rasmussenovi v konstrukci SKR modelu (blíže viz dále). Z hlediska kognitivních procesů, bychom však mohli definovat mnohem více variant, z nichž základní tři úrovně jsou (1) chyby plánování, (2) chyby paměti a (3) chyby provedení [31].

Lidská chyba může podle tohoto přístupu nastat jako následek způsobený [42]:

- nedostatečnými fyzickými a duševními schopnostmi (nedostatek schopností v relaci k požadovanému úkolu),
- nedostatečným školením pro daný úkol,
- nedostatečnými manuály nebo jejich špatnou úrovní (není jednoznačné a jasné co a jak se má dělat),
- nízkou pozorností nebo jejím selháním,
- nedostatečnou motivací,

- záměrně (manuál není dobrý),
- špatnou řídicí činností.

Vědomá porušení jsou akce učiněné záměrně, které však nejsou správné. Lidé zamýšlejí pouze porušit pravidlo, ale ne trpět možnými důsledky. Pracovníci občas jednají zkratkovitě, protože chtějí zvýšit svou produktivitu, anebo dokončit úkol. Poruchy pravidel bývají managementem tolerovány, ba občas i vyžadovány. Tento druh chyb je nejobtížněji potlačitelný. Jsou to záměrná porušení bezpečnostních pravidel [51].

Chybové módy

Základním požadavkem na pochopení procesu chybování člověka je pochopit kontext zahrnující různé vlivy a úmysly, kterými byl vznik chyby iniciován. K tomuto účelu je ale potřeba rozdělit lidské chyby do určitých skupin, které mají společného jmenovatele, protože pouze tak lze usuzovat na hlubší příčiny (kořenové příčiny) jejich vzniku. Bádáním v této oblasti byl postupně jako nejvhodnější přístup v „uchopení“ tohoto problému, navržena filozofie chybových módů.

Chybový mód je stavebním prvkem taxonomie chyb představovaný podmnožinou takových reálných lidských chyb, které lze na základě určitých předvolených kritérií zařadit do jedné skupiny. Účelem chybových módů je tedy poskytnout detailnější popis základních typů chyb podle jejich určitých společných rysů [48].

SRK model

Jensem Rasmussenem byla v roce 1982 navrhována taxonomie, u které je vycházeno z rozdílu výkonu, který je založen na schopnostech, pravidlech a znalostech. Často lze v odborné literatuře nalézt pro tuto taxonomii název „SRK model of behavior“ neboli „Skill-based, Rule-based a Knowledge-based“. V češtině je používán výraz „SRK model“. Prapůvod tohoto přístupu lze spatřovat již na počátku 20. století, kdy Ernst Mach prohlásil, že „znalosti a chyby pramení ze stejných psychologických procesů, a proto úspěch je nutnou kombinací obou z nich“ [31].

Lidské akce mohou být zcela automatizovány, anebo zcela nově prováděné, podle toho, na jaké bázi jsou založeny [56]. U složitých akcí jako je řízení automobilu, mohou být využity všechny báze, podle toho jaký aspekt je sledován. Níže jsou popsány tyto tři kategorie:

- **Chyby založené na schopnostech** se vyskytují u aspektů úkolů, které jsou pracovníkovi známy a které jsou jím prováděny jako rutina (jsou z velké části automatické). Jedná se tedy o chování založené na schopnostech.
- **Chyby založené na znalostech** jsou typické pro aspekty vykonávání úkolů, se kterými obsluha není seznámena a nesetkává se s nimi. Je zapotřebí, aby bylo vyvinuto vědomé úsilí. Jedná se tedy o chování založené na znalostech.
- **Chyby založené na pravidlech** představují selhání rozpoznání anebo vyvolání adekvátní odpovědi, která je uložena v paměti (pokud A, tak B).

V případě učení se řídit automobil, jsou akce řidiče nejdříve založeny na znalostech, posléze na pravidlech a konče chováním založeným na schopnostech, kdy je řazení, sešlapávání pedálů, atd. řízeno automaticky. Automatizovány jsou určité aspekty řízení, kdy je po řidičovi vozidla stále vyžadována vědomá pozornost na dění na silnici. Je nutno si uvědomit, že zvýšením schopností (opakováním, tréninkem, atd.) není garantována bezchybnost, jelikož mohou nastat chyby odlišného typu (založené na pravidlech nebo znalostech). Přehledně hierarchii těchto chyb prezentuje Tabulka 1.

Rasmussen ověřil, že chyby vznikající v důsledku nedostatečných schopností (dovedností) tvoří 16,5 % všech chyb, chyby vzniklé porušení pravidel 51 % a chyby založené na nedostatečných znalostech 22,5 %. Tento poměr vcelku věrohodně potvrdily i další autoři. Kupříkladu Williamson a Feyer, kteří v roce 1990 analyzovali příčiny průmyslových havárií v Austrálii, zjistili poměr výše uvedených skupin chyb jako 13,6 % / 54,8 % / 13,7 %. S těmito hodnotami se shoduje i Reason, který ve své knize uvádí poměr 27,1 % / 60,7 % / 11,3 % [63].

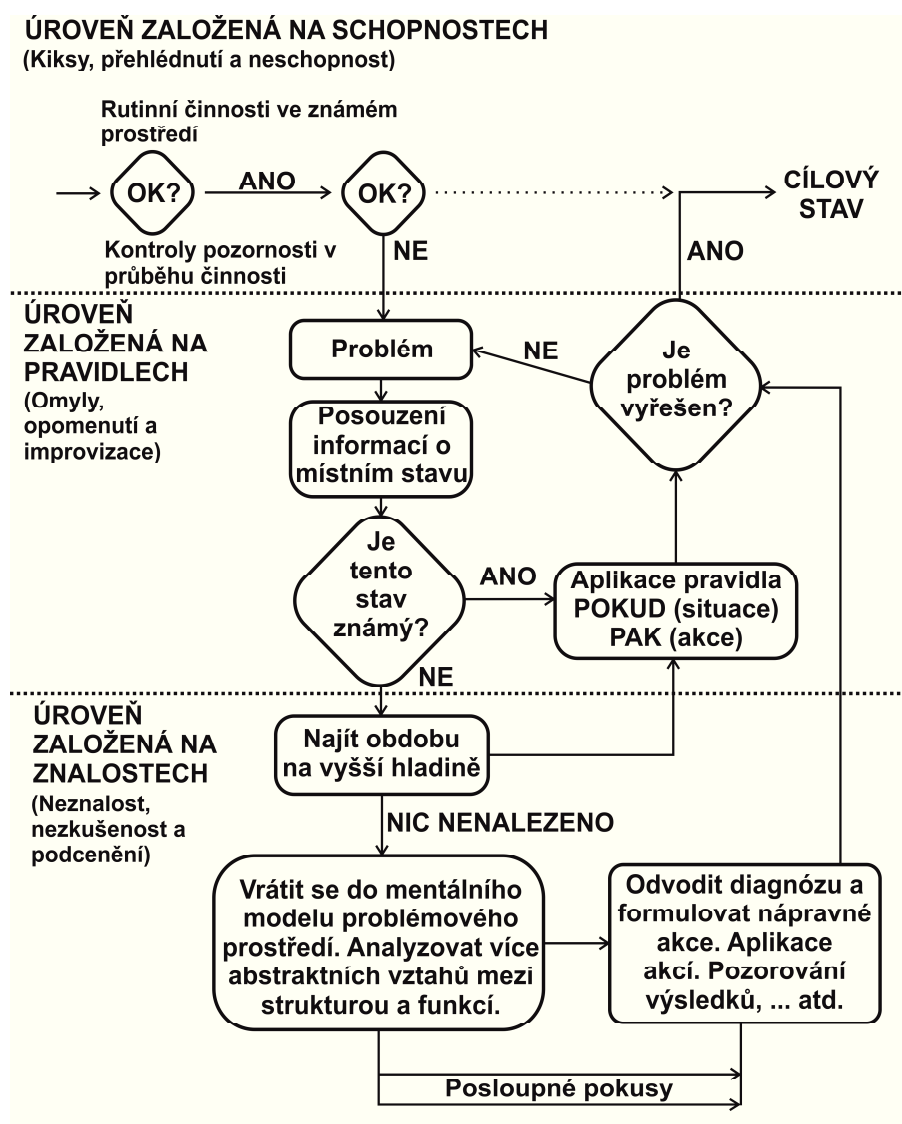
Tabulka 1: Schéma SKR modelu.

VÝKON ZALOŽENÝ NA SCHOPNOSTECH	
Nepozornost	Nedostatek schopností
<ul style="list-style-type: none"> • Vynechání akce • Opakované kiksy • Přerušovaná práce • Rušení nežádoucími vlivy během činnosti • Zmatkování • Přehmátnutí při častém opakování akce • Rychlé zvraty 	<ul style="list-style-type: none"> • Nedostatek fyzických schopností • Nedostatek duševních schopností • Pomalé reflexy a reakce • Senzorická otupělost • Podléhání časovému stresu • Podlehnutí monotonie • Otopělost bdění a příjmu informací
VÝKON ZALOŽENÝ NA PRAVIDLECH	
Špatné použití dobrých pravidel	Použití špatných pravidel
<ul style="list-style-type: none"> • Prosté omyly • Výjimky a zvláštní případy • Špatné nebo žádné popisy • Informační přetížení • Příliš obecná pravidla • Nesrozumitelná pravidla • Opomenutí při opakování • Složitost 	<ul style="list-style-type: none"> • Špatné kódování a vstupy • Špatný postup • Špatný záměr • Neadekvátní pravidla • Nevhodná pravidla Improvizace • Usnadňování si práce • Provozní slepota
VÝKON ZALOŽENÝ NA ZNALOSTECH	
<ul style="list-style-type: none"> • Neznalost principu výlučnosti • Vliv parametrů pracovního místa • Uplatnění pořekadla „sejde z očí, sejde z mysli“ • Předsudky a slepá víra v tradiční postupy • Přílišná důvěra a sebeuspokojení • Neobjektivní posouzení/přezkoumání • Špatný úsudek a posouzení souvislostí • Haló efekt (zkreslené závěry na základě viditelných projevů) • Neschopnost posoudit příčiny a důsledky • Podcenění reálných nebezpečí a následků • Ignorování varovných znamení • Neschopnost se rozhodnout • Opožděná zpětná vazba • Pomalé posouzení průběhu procesů • Neschopnost komplexního myšlení • Tápání a špatná orientace v problému 	

GEMS model

Základní Rasmussenův SRK model propojil v roce 1987 Reason s Normanovým přístupem k lidské chybě a vyvinul pokročilejší variantu typologie chyb, která se nazývá GEMS (Generic Error Modeling System). GEMS se podrobněji zaměřuje na interakce mezi různými typy zpracování informací (dovednosti, pravidla, znalosti) při řešení úkolů [31]. Podle GEMS je automatické chování (rutina) odrazem kognitivní kontroly bez

vědomého zásahu člověka. Takové činnosti pak probíhají na úrovni dovedností. Vědomé rozhodování se naproti tomu vztahuje k úrovni založené na znalostech a také k úrovni založené na pravidlech, kde je kognitivní kontrola již nevyhnutelná [68].



Obrázek 9: Princip modelu GEMS vycházejícího z SKR přístupu [31].

Hlavní rozdíl mezi GEMS a staršími modely spočívá v jeho snaze předložit ucelený obraz o mechanismech vedoucích k chybování lidského činitele a to na třech úrovních výkonu (viz obrázek 9) [31]. Akce jsou (anebo mohou být) prováděny na třech základních úrovních: (1) operace před detekcí problému (úroveň založená na schopnostech),

(2) operace související s detekcí problému (úroveň založená na pravidlech) a (3) operace při řešení problému (úroveň založená na znalostech). Chyby v první oblasti jsou charakteristické pro selhání monitorování, kdežto chyby v druhé a třetí oblasti znamenají selhání při odstranění problému a uvádění systému do normálního stavu. Chyby při monitorování jsou selháním pozornostní kontroly, jejich značná část však vzniká pro přílišnou pozornost, tj. kontrola v nevhodném bodě automatizované sekvence. Obojí lze nazvat jako selhání způsobu kontroly, jelikož chyby nastávají pro špatný způsob kontroly vzhledem k daným nárokům úlohy. Kiksy a opomenutí jsou proto snadněji zjistitelné než omyly [51]. Reason tak propojil „inženýrský“ původní přístup s kognitivním procesem, tj. s požadavky na zpětné vazby, behaviorální aspekty a kontroly [68], což podle mnoha autorů představuje jeho hlavní přínos pro psychologický pohled na teorii chyb [51].

3.5 Analýza lidských chyb

3.5.1 Identifikace chyb

Identifikace lidských chyb (Human Error Identification – HEI), která je součástí procesu hodnocení spolehlivosti lidského činitele (HRA), odhaluje konkrétní lidské chyby relevantní daným podmínkám, popisuje jejich důsledky a způsoby zotavení systému po provedené chybě. Uvedený proces se využívá zejména v pravděpodobnostním hodnocení bezpečnosti (PSA), které zohledňuje všechny potenciální rizikové situace a jejich příčiny (včetně lidské chyby) s cílem stanovit výsledná rizika provozu komplexních pracovních systémů (např. jaderné elektrárny, chemické provozy, atd.) [66].

Identifikace lidských chyb se provádí dotazníkovým šetřením založeným na souboru deduktivně konstruovaných otázek vztahujících se k možnému scénáři spojenému s vykonáním relevantní chyby. Cílem je odhalit možné interakce a vlivy (např. PIF faktorů), které mohou být problematické. Klíčovou částí uvedeného šetření je určení možných kauzálních faktorů (příčin), jež způsobí disturbance systému (např. při provádění daného úkolu anebo procesu), a dále konkrétních projevů narušení systému (tj. důsledků). Výsledek takto prováděné analýzy do značné míry závisí na míře podrobnosti, s jakou k ní přistupujeme. Obecně se doporučují dva základní přístupy HEI: (1) Na základě dekompozice úkolu do hierarchie dílčích cílů (např. pomocí HTA) se operace související s provedením každého subúkolu podrobí definovanému souboru otázek (záznam formou

tabulky s tímto členěním: základní otázka / kauzální příčiny / důsledky / konstrukční poruchy), anebo (2) Je vybrána ta část scénáře, kde se očekávají potenciální problémy, a ta je podrobena souboru otázek, které mají odhalit možné chyby lidského činitele a jejich dopady na systém [67].

3.5.2 Kvantifikace chyb

Ve srovnání s technikou se člověk vyznačuje nesrovnatelně větší variabilitou a komplexitou. Ve stejné situaci se nikdy nechová stejným způsobem a tedy stejnou funkcí, úlohu nebo činnost může provádět různým způsobem a s různou spolehlivostí (resp. chybovostí). Z ergonomického hlediska však o spolehlivosti či nespolehlivosti člověka nelze hovořit obecně. Vždy je třeba brát v úvahu, o jaký druh činnosti jde a za jakých podmínek má být vykonávána. I při nejjednodušší situaci, kdy člověk má například reagovat různými tlačítky na různá světla, se musí brát v úvahu rozlišitelnost těchto světél, doba, v níž se reakce bude počítat za správně vykonanou, rychlost střídání světél apod. Dalším významným faktorem je také složitost činnosti, kterou má daný člověk vykonávat. Za různé konstelace tak bude chybovost člověka různá [76] a to zde nebylo uvažováno ještě hledisko oscilace výkonové kapacity (fyzické, mentální a senzorické) tohoto jednotlivce, stejně tak jako individuální rozdíly mezi ostatními jednotlivci ve skupině. Z těchto důvodů je určení numericky přesné hodnoty pravděpodobnosti provedení chyby v podstatě nemožné.

I přes tyto složitosti ale existují přístupy, které v rámci PSA a HRA přístupů kvantitativní hodnocení spolehlivosti lidského činitele umožňují provádět. V rámci PSA je systém člověk-stroj pojmán jako konfigurace nezávislých subsystémů: (1) n – technických komponent majících spolehlivost R_i (předpokládá se, že spolehlivost stroje je konstantní, resp. není závislá na čase) a (2) lidské komponenty se specifickou spolehlivostí v daném časovém okamžiku $R_h(t)$, která je těsně spjata s charakteristikami technického subsystému [77]. Takto postavený spolehlivostní model lze vyjádřit následující rovnicí (3-1):

$$R = R_h(t) \cdot \prod_i^m R_i \quad (3-1)$$

Uvedený model vyjadřuje diskretní pravděpodobnostní funkci a jeho použití je vhodné především pro spolehlivostní popis diskretních úkolů, tj. jednorázových anebo nepříliš často se opakujících úkolů.

Pro modelování spolehlivosti výkonu v dynamických systémech (tj. při řešení kontinuálních či opakujících se úkolů), jako je například monitorování, vigilanční úkoly apod., je výhodnější použít systémového přístupu uplatňovaného v klasické teorii spolehlivosti. Pro tento případ definovali Askren a Regulinski [77] následující spolehlivostní funkci výkonu lidského činitele:

$$R_h(t) = \exp\left(-\int_0^t er(t)dt\right) \quad (3-2)$$

Proměnná $er(t)$ vyskytující se v rovnici (3-2) představuje okamžitou hodnotu chybovosti lidského činitele za daných podmínek. Jelikož tato hodnota je pouze hypotetická a nedá se s ohledem na skutečnosti uvedené na předchozí straně experimentálně zjistit, využívá se v praxi její střední hodnoty vztažené k (1) dlouhému časovému intervalu, (2) množství provedených pracovních operací a (3) počtu jedinců, kteří ji vykonávají. Touto veličinou je HEP (Human Error Probability) a zjednodušeně ji lze vyjádřit jako podíl počtu pozorovaných chyb NoE_i (Number of Erroneously performed tasks of type „i“) a počtu možností (příležitostí) chybování NoT_i (Number of all Tasks of type „i“) [43] (viz rovnice 3-3):

$$HEP_i = \frac{NoE_i}{NoT_i} \quad (3-3)$$

Pro určení HEP je však nutno ve sledovaném systému přesně definovat případy a stavy lidského selhání (tj. nežádoucí odchylky od předepsaného schématu), což znamená, že je nutné vycházet ze znalosti (predikce) konkrétních chyb, které může člověk při plnění

daného úkolu vykonat. Je tedy nezbytné pracovat s taxonomií alespoň základní množiny chyb, které kvantifikujeme.

Jelikož HEP vyjadřuje pravděpodobnost výskytu dané lidské chyby při opakujících se činnostech, může být na rozdíl od chybovosti $er(t)$ snadno vypočítána ze statistických dat, laboratorních experimentů, simulací lidské činnosti vedoucí k chybám anebo expertním odhadem [71]. V ideálním případě by však data měla pocházet z příslušné (reálné) činnosti, přinejmenším z podobné činnosti. Se sběrem těchto dat souvisí určité problémy (strach z obvinění, nemožnost přesně určit fungování lidského mozku, atd.). I když jsou tyto problémy překonány, tak je zde popsáno několik dalších problémů. Za prvé to jsou skoronehody, kdy téměř dojde k nehodě⁹, ale tato skutečnost již není nahlášena a evidována. Dále nemožnost získat dostatečná data z činností, které nejsou rutinní. V tomto případě se většinou odhady získávají ze simulace dané činnosti. Nakonec je oznámení o chybách většinou založeno na vnějším pozorování, než na vnitřním pozorování, kde je brán ohled na psychologické a poznávací procesy jednotlivce [48].

Výhodou HEP je, že není vztahována k žádnému časovému úseku – numericky tedy nevyjadřuje četnost výskytu chyby, nýbrž její „relativní“ pravděpodobnost, což je s ohledem na kauzalitu lidského selhání věcně správnější přístup. Z tohoto důvodu se také tento přístup uplatnil v rámci HRA metod a nikoli v PSA metodách, které jsou více deterministické. Naproti tomu PSA přístup je založen na odhadu pravděpodobnosti úspěšného vykonání (multisekvenčního) úkolu p na základě poměru počtu úspěšně dokončených úkolů r a celkového počtu pokusů n a tento vztah popisuje rovnice (3-4).

$$\sum_{i=r}^n \binom{n}{i} p^i \cdot (1-p)^{n-i} \quad (3-4)$$

⁹ Nehodový děj byl iniciován, nicméně nevyústil díky zafungování některé z ochranných vrstev či bariér systému v nežádoucí následek.

Podmíněné pravděpodobnosti p odpovídající 80 % konfidenčnímu limitu pro některé poměry r/n publikoval ve své práci Ireson [85], a pro zajímavost je zde uvádíme v tabulce 2.

Tabulka 2: Spodní meze podmíněných pravděpodobností při provádění multisekvenčních úkolů [85].

Table 12.9 Probability of Successful Task Completion (0.80 Confidence Level)																				
No. of Successes r	Number of trials n																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
1	0.200	0.106	0.071	0.055	0.043	0.038	0.031	0.027	0.024	0.022	0.020	0.018	0.017	0.017	0.016	0.015	0.014	0.013	0.012	0.011
2		0.447	0.287	0.212	0.168	0.140	0.119	0.104	0.092	0.083	0.075	0.069	0.064	0.059	0.056	0.051	0.048	0.046	0.044	0.041
3			0.585	0.427	0.326	0.268	0.228	0.199	0.175	0.158	0.143	0.131	0.121	0.111	0.104	0.098	0.092	0.086	0.082	0.078
4				0.668	0.510	0.414	0.350	0.307	0.268	0.240	0.216	0.198	0.172	0.169	0.157	0.147	0.138	0.130	0.123	0.117
5					0.725	0.567	0.483	0.416	0.365	0.327	0.293	0.266	0.248	0.229	0.213	0.200	0.189	0.176	0.163	0.159
6						0.764	0.629	0.538	0.471	0.418	0.382	0.343	0.316	0.292	0.272	0.254	0.238	0.224	0.212	0.201
7							0.794	0.669	0.583	0.516	0.469	0.422	0.387	0.358	0.332	0.310	0.291	0.274	0.258	0.246
8								0.817	0.703	0.619	0.555	0.503	0.461	0.425	0.394	0.367	0.345	0.325	0.307	0.291
9									0.836	0.729	0.650	0.588	0.527	0.494	0.459	0.427	0.400	0.376	0.356	0.337
10										0.851	0.751	0.686	0.616	0.567	0.524	0.488	0.457	0.430	0.406	0.384
11											0.864	0.770	0.699	0.641	0.593	0.551	0.515	0.484	0.456	0.432
12												0.874	0.788	0.718	0.662	0.615	0.574	0.540	0.509	0.481
13													0.884	0.801	0.736	0.682	0.636	0.597	0.561	0.530
14														0.888	0.813	0.750	0.700	0.654	0.616	0.582
15															0.898	0.824	0.764	0.715	0.671	0.634
16																0.904	0.834	0.778	0.719	0.686
17																	0.910	0.842	0.788	0.742
18																		0.914	0.850	0.798
19																			0.919	0.858
20																				0.922

Poznámka: hodnoty p představují dolní mez pravděpodobnosti úspěšného provedení daného úkolu (tj. např. pro $n = 15$ a $r = 10$ je $p = 0,524$, což znamená, že pravděpodobnost úspěšného vykonání daného úkolu (s 80 % jistotou) bude 0,524 až 1).

Pro účely této práce jsou nicméně klíčové hodnoty HEP, které byly získány praktickými měřeními anebo odbornými odhady. V tabulce 3 jsou uvedeny některé z těchto hodnot, zatříděné do kategorií podle SRK modelu (dle schopností, znalostí a pravidel). V případech, kdy se jedná o stejné anebo téměř stejné činnosti, je uvedeno hodnot více a označeno, ze kterého zdroje je konkrétní hodnota převzata. Komplikací při třídění různých činností do kategorií bylo to, že při čerpání z různorodých zdrojů nebyl udán bližší popis těchto činností. Dané roztržidění do skupin není tedy zcela transparentní. Ze stejného důvodu nebyly některé HEP do uvedené tabulky zařazeny.

Tabulka 3: Příklady HEP z různých zdrojů zatříděny podle SRK modelu [9], [13], [16], [85].

Kategorie lidské chyby	Chyba LČ	HEP	Min	Max	Medián
(1) Chyby založené na schopnostech	Obecná chyba opomenutí	0,01	0,002	0,5	0,006
	Chyba v jednoduchém běžné činnosti	0,001			
	Chyba v běžném provozu při výkonu komplexní a často prováděné činnosti	0,01			
	Chyba ve psaní	0,01			
	Nesprávné čtení	0,005			
	Obecná míra chybovosti při ústní komunikaci	0,03			
	Chyba nedorozumění	0,001			
	Schopnost vybavit si digitální číslice	0,03			
	Chyba v provedení jednoduchého výpočtu	0,01-0,03			
	Chyba v provedení složitého výpočtu	0,27			
	Opomenutí procedurálního kroku	0,03-0,003			
	Zařízení zapnuto v opačném směru	0,00002			
	Zmáčknuť špatné tlačítko	0,001-0,003			
	Zmáčknuť špatné tlačítko (s podobnou funkcí)	0,0002-0,00113			
	Chyba v zadání telefonního čísla	0,03			
	Nesprávně zapojena hadice	0,0047			
	Nedotáhnutí matek a šroubů	0,0048			
	Špatná instalace O-kroužku	0,0667			
	Špatně napájený spoj	0,00646			
	Montované spoje – špatně napojení	0,0015			
	Špatně zavřený ventil	0,0018			
	Nerozeznání špatné pozice ventilu	0,5			
	Selhání odhalit částečné nouzové odstavení	0,001			
	Označení špatně nastaveného nástroje jako „v toleranci“	0,01			
	Chybné nastavení založené na neodhalených chybách	0,0002			
	Nerozeznána chyba obsluhy vedoucím	0,1			
	Chyba kontroly při kontrole úkolů	0,003			
	Chyba při pasivní kontrole (obchůzce)	0,1			
(2) Chyby založené na znalostech	Nouzové manuální vypnutí ve velínu atomové elektrárny provedeno nesprávně	0,2	0,001	0,34	0,1
	Nesprávná úprava mechanické linky	0,0167			
	Chyba v diagnóze úplně nové situace	0,34			
	Chyba reakce posádky během letecké nehody	0,1			
	Chyba v následku lpění na pravidlech	0,05 0,16			
	Nedodržení původní konfigurace po manuálním testu při údržbě	0,01			
	Předčasné diagnostikování problému v propojených systémech	0,07			
	Ventily jsou špatně kalibrovány během údržby	0,001			
	Nepřesnost inspektora při zjišťování chyb v komplexním systému	0,2			

	Nerutinní činnost a jiné povinnosti jsou vykonávány ve stejnou dobu	0,1			
	Komplexní a pravidelně prováděné úlohy v neobvyklých situacích při vysokém stresu	0,1			
	Komplikovaný nerutinní úkol vykonávaný ve stresu	0,3			
(3) Chyby založené na pravidlech	Špatně zadána adresa do počítače	0,007	0,0001	0,04	0,001
	Vybrání klíčového vypínače namísto vypínače, který není klíčový	0,0001			
	Sváření prováděno na špatném místě	0,04			
	Chybné vypuštění nebezpečného odpadu do moře	0,0007			
	Pohnutí cisternou, zatímco je pořád připojena k nádrži	0,0005			
	Operátor pracuje na špatném stanovišti	0,03			
	Pohnutí špatného kontejneru s palivem	0,0007			
	Vypuštění špatný akumulátor	0,021			
	Chybějící šrouby a matky	0,0006			
	Montované spoje – chybějící součástky	0,0004			
	Kontejnery naskládány nad jejich limit	0,001			
	Obsluhou vybrán špatný ukazatel	0,003			
	Obsluhou vybrány špatné ventily	0,003			
	Vynechání některé součástky při instalaci	0,00003			
	Použití nevhodné součástky	0,0002			
	Chyba v přesnosti, nesprávné nastavení veličiny	0,03			
	Kritický bezpečnostní systém byl nastaven špatně během údržby	0,0006			
	Špatné nastavení ventilu (kdy je možnost otevření nebo zavření)	0,01			
	Špatné nastavení ventilu	0,0001			

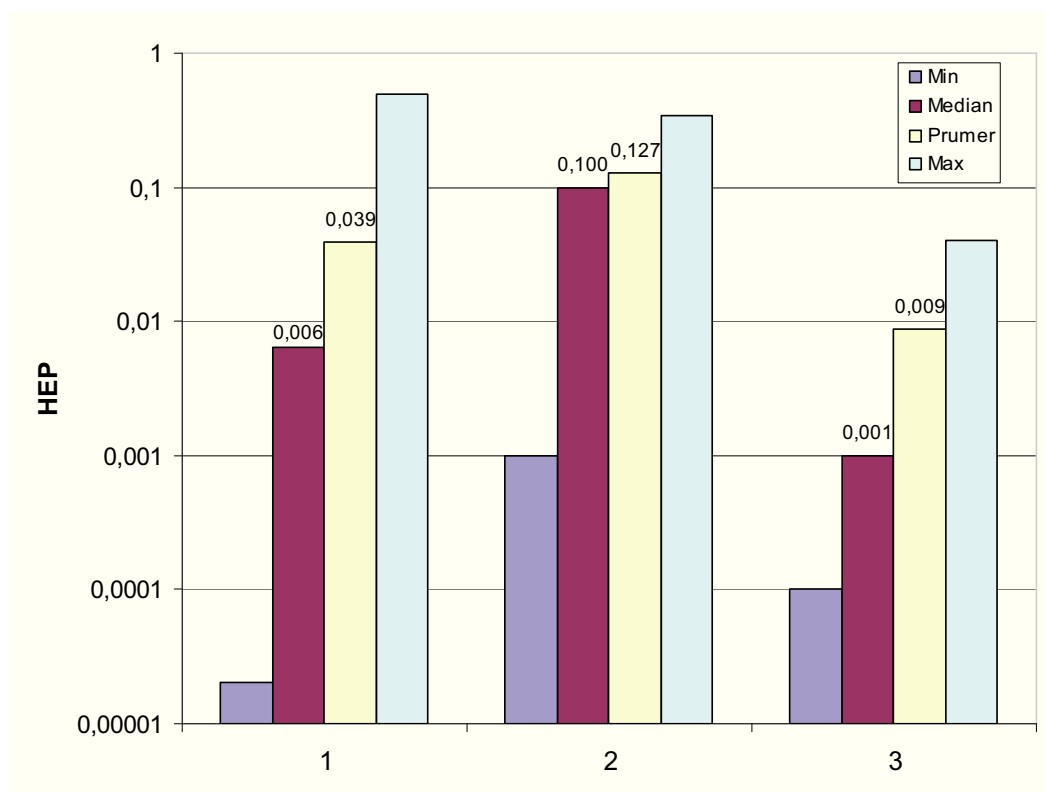
Na obrázku 10 je shrnuta statistika výše uvedených HEP, kde pro jednotlivé kategorie chyb dle SRK modelu byl vypočítán medián a průměr a uvedena minimální a maximální hodnota. Z uvedeného grafu vyplývá, že největší pravděpodobnost lidské chyby je při činnostech, které jsou člověkem vykonávány poprvé (závisí na znalostech).

Uvedené hodnoty poměrně dobře korespondují s orientačními hodnotami HEP, které uvádí americké ministerstvo obrany [13]:

- pro úkony založené na schopnostech: HEP = 0,005 až 0,00005
- pro úkony založené na znalostech: HEP = 0,005 až 0,5
- pro úkony založené na pravidlech: HEP = 0,05 do 0,0005

V metodice SHARP se můžeme nalézt „nominální“ HEP stanovené pro zpracování přijímaných informací, pro přijetí požadovaného rozhodnutí a pro následné vykonání požadované akce.

- proces/diagnóza: HEP = 0,01
- rozhodnutí: HEP = 0,001
- odezva/akce: HEP = 0,001



Obrázek 10: Statistika HEP pro jednotlivé kategorie chyb dle SRK modelu.

Na HEP má kromě charakteristik technické složky systému velký vliv také stres. Jeho působení je dlouhodobě studováno psychology, kteří se snaží experimentálně stanovovat chybování člověka za nejrůznějších podmínek. Obvykle se jako stresory používají časový tlak a neznámé/neobvyklé situace. Výsledky těchto výzkumů shrnuje tabulka 4.

Tabulka 4: Vliv stresorů na výslednou hodnotu HEP.

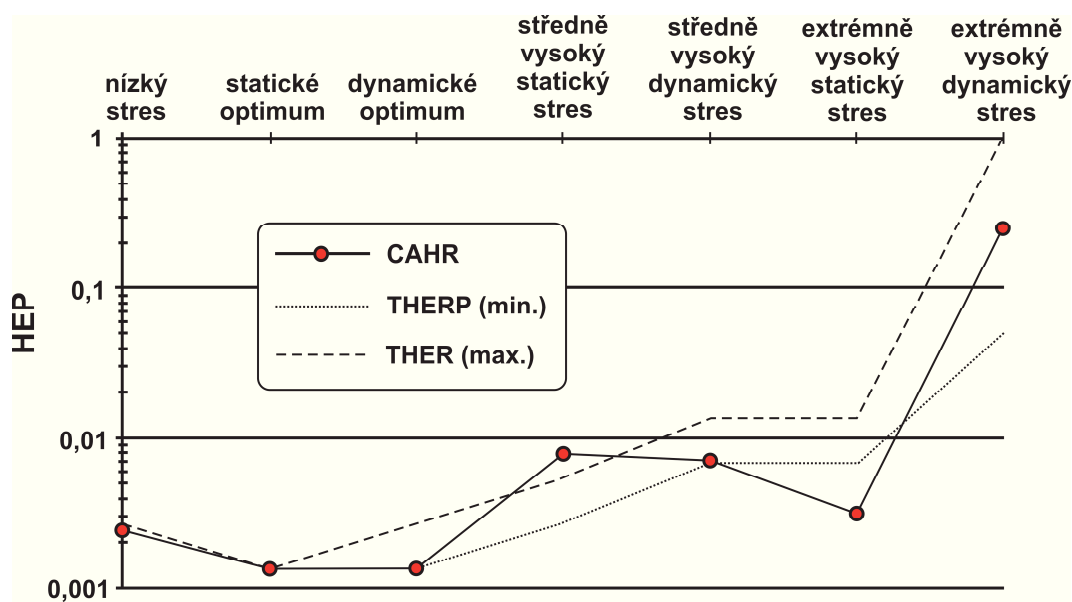
Charakter prováděného úkolu / míra stresu	HEP
Jednoduché a často prováděné úlohy v obvyklých situacích bez stresu a za dostatku času	0,001-0,00005
Komplexní a často prováděné úlohy v obvyklých situacích, při nichž je nutná pečlivost	0,01
Provádění složitých pracovních operací zahrnující zpracovávání množství vstupů	0,01-0,03
Komplexní a pravidelně prováděné úlohy v neobvyklých situacích	0,1
Komplexní a málo často prováděné úlohy v neobvyklých situacích	0,3
Vysoce komplexní nebo velmi zřídka prováděné úlohy v neobvyklých situacích při vysokém stresu nebo nedostatku času	až 1,0

Obecná míra chybovosti při velmi vysoké úrovni stresu	0,2-0,3
Selhání obsluhy v prvních 30 minutách po vysoce stresové situaci (mentální kapacita je stále ještě saturována a daný jedinec není v normálním psychickém stavu)	0,1
Selhání obsluhy v prvních hodinách po vysoce stresové situaci	0,01
Limit výkonu jednotlivce (minimální míra chybovosti člověka při provádění jednoduchých a naučených úkolů s dostatkem času pro sebekontrolu)	0,0001
Limit výkonu skupiny (minimální míra chybovosti skupiny při provádění jednoduchých a naučených úkolů s dostatkem času pro uplatnění skupinové sebekontroly)	0,00001

Z výše uvedených dat je zřejmé, že časový stres ovlivňuje pravděpodobnost vzniku chyby velmi výrazně. Podle [72] může zvyšovat HEP ve fázi provádění zpracování informací (diagnóza) o 4 řády a pro provedení požadované akce dokonce až o 5 řádů! Má-li člověk (operátor) naopak dostatek času na přijetí informace, její prověření a přijetí rozhodnutí, je HEP poměrně nízká (cca 10^{-5}). Graficky tyto trendy velmi dobře zachycuje obrázek 11, který vychází z původní metodiky THERP navržené Swainem a Guttmanem [39] zachycující předpovězené hodnoty HEP. Sträter pak tyto hodnoty zkonfrontoval s daty, které experimentálně ověřil za pomoci metodiky CAHR [49].

V nejnovějších studiích se často diskutuje, jaké další podmínky kromě časového stresu mohou významně ovlivňovat chybovost člověka. Řada studií se zaměřovala na vliv vnějších podmínek na jednotlivce, jiné pak na genderová srovnání. V některých starších studiích se uvádí, že ženy mají vyšší tendenci k chybování, protože vykazují vyšší absolutní četnost hlášených chyb. Při podrobnějším šetření se však ukázalo, že ženy jsou svědomitější v ohlašování (přiznání chyby) než muži, takže uváděná interpretace byla mylná. Co se týká věku, pak v tomto ohledu není srovnání jednoduché.

U rutinních činností nebyl vliv věku na četnost chyb potvrzen, nicméně je zřejmé, že jistá fyzická, motorická a senzorická omezení má na spolehlivost výkonu starších pracovníků vliv¹⁰. Pakliže mají tito lidé na provedení práce dostatek času, je jejich chybovost ve srovnání s mladými pracovníky obdobná. Ovšem starší lidé jsou mnohem méně ochotni přiznat si provedení chyby než mladší lidé [63]. To je způsobeno zřejmě přesvědčením, že jejich způsob provádění práce byl již mnohokrát ověřen praxí, je zautomatizován a dokonale „vyladěný“. Starší lidé tak při provádění obvyklých činností velmi často podléhají pocitu sebeuspokojení, nedoceňují existující rizika a příliš spoléhají na správnost zaběhaných rutinních úkonů. Tento stav se pak odráží ve statistikách pracovních úrazů, kdy lidé ve věku nad 55 let představují v nejrizikovějších ekonomických odvětvích (stavebnictví, lesnictví a doprava) skupinu s nejvyšším počtem smrtelných pracovních úrazů.



Obrázek 11: Srovnání praktických provozních zkušeností s předpovědí THERP s ohledem na různé stupně stresu.

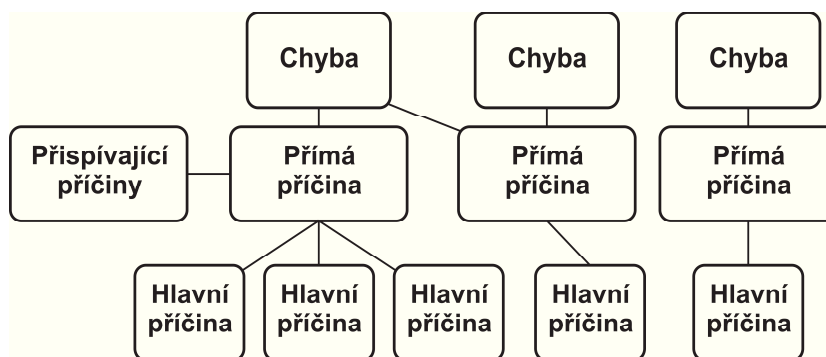
¹⁰ Maximální fyzická výkonnost žen i mužů je v rozmezí věku 20 až 30 let, po té postupně klesá a např. ve věku 55 let dosahuje jen 80 % původní hodnoty [64]. Také délka reakčního času se s věkem prodlužuje, přičemž v 55 letech dosahuje přibližně 85 % původní hodnoty [65]. Nedávná šetření však prokázala, že starší pracovníci si vliv věku na svůj výkon a spolehlivost příliš nepřipouštějí – 89 % pracovníků deklaruje, že schopnosti vykonávat dobře svou práci se u nich (oproti mládí) nezměnily a 86 % pracovníků dokonce tvrdí, že jejich pracovní výkon je pořád stejný [64]. Přitom současně určitá zdravotní omezení při práci přiznává 30 % pracovníků starších 50 let.

3.5.3 Příčiny chyb

Lidské selhání vzniká tehdy, když nastane situace, že požadavky na řešení úkolu jsou vyšší, než aktuální výkonnostní kapacity člověka (ať již mentální, tak i fyzické či duševní). Selhání člověka je zapříčiněno buď působením vnějších faktorů (tj. faktorů prostředí), anebo vnitřních faktorů (tj. faktorů souvisejících s fyzickým, zdravotním a psychickým stavem jedince a jeho omezeními) [50]. Je odhadováno, že okolo 80 % úmrtí souvisejících s haváriemi v průmyslu je výsledkem působení vnitřních faktorů [10], což je poměrně ve shodě i s druhým Heinrichovým postulátem.

Při vlastní analýze chyb se rozlišuje několik kategorií příčin selhání: (1) přímé příčiny, tj. ta okolnost, jež bezprostředně vedly k důsledku, (2) příčiny přispívající, tj. zejména vnější faktory, jež k nehodovému ději přispěly (například snížená viditelnost, nevhodná ergonomická konstrukce sdělovačů apod.) a (3) příčiny kořenové, které jsou skryty za řadou příčin latentních. Vzájemný vztah uvedených kategorií příčin popisuje obrázek 12 [70].

Kořenové příčiny spočívají zejména v řadě podmínek společenského charakteru, např. v jednáních a postojích managementu podniku k lidem a k otázkám bezpečnosti [51]. Jsou to často nedostatky, které nejenže přispěly k vyšetřeným haváriím, ale mohou ovlivnit i havárie v budoucnosti [27]. Svým charakterem jsou tak odrazem úrovně kultury bezpečnosti v podniku. Kořenové příčiny havárií bývají rozdělovány do tří kategorií: (1) selhání prvků kultury bezpečnosti v organizaci, (2) selhání prvků organizačních struktur (organizačních faktorů) a (3) povrchní nebo neefektivní technické aktivity [27].



Obrázek 12: Příčinné faktory a jejich konstrukce [70].

Vzájemné působení kořenových příčin, přímých příčin a přispívajících příčin vede ke vzniku několika základních variant selhání lidského činitele, které nazýváme **příčinné faktory** [70]. Příčinný faktor je rychlý a spontánní proces, který začíná u iniciační události, rozvíjí její směr a postupně vede až k nežádoucímu účinku (vykonání chyby), popřípadě zhoršuje její důsledky. Příčinné faktory tak v sobě skrývají konkrétní lidské chyby, které avšak blíže nepopisují ani nepřihlížejí k příčinám jejich vzniku. Společným jmenovatelem každého příčinného faktoru jsou převažující okolnosti, které ke vzniku dané chyby vedly a podle tohoto atributu se také klasifikují. Rozlišujeme kupříkladu:

- **Nejisté jednání** – pracovník se dopustí nejistého jednání, které vede až k nehodě. Ovšem i nejisté chování je jen důsledkem působení jiných, obvykle kořenových příčin [10].
- **Neznalost a kvalifikace** – často slyšíme „já nevím“ nebo „nikdo mi nic neřekl“. Ovšem ne vždy platí, že tomu tak ve skutečnosti je. Přirozenou vlastností člověka je, že hledá nejjednodušší způsoby řešení, a to i tehdy, když si není jistý správností tohoto rozhodnutí. Pakliže lidé přistupují k tomuto způsobu řešení, lze jako příčiny hledat: nedostatek znalostí plynoucí ze špatného výcviku, školení, nebo úrovně dokumentace a částečně také z dovedností (schopností) nebo způsobů jak práci dělat. S touto skupinou příčin souvisejí také špatné instrukce a předpisy [10].
- **Improvizace** – občas je nutné operativně řešit aktuální výrobní situaci a někdy je nutné i improvizovat, pružně reagovat, upravit postup operací, přechodně skladovat některé směsi, atd., což zvyšuje riziko, které se může změnit v havárii [10]. Takové jednání však umožňuje vznik řady selhání, která obvykle nelze předikovat.
- **Sebeuspokojení** – jedná se o přílišnou víru v to, že technologie je tak zabezpečená, že k havárii nemůže dojít. Lidé se příliš spoléhají na spolehlivost ochranných bariér a řídicí systém, že se u nich zcela vytrácí respekt z možných rizik [27].
- **Provozní slepota** – zvláště kvalifikovaní lidé s dlouholetou praxí občas propadají pocitu, že již zcela ovládají daný pracovní proces, a že jimi vykonávané úkoly jsou jednoduché a rutinní. Ve výrobních technologiích

může být tento pocit podporován i systémy automatického řízení počítačem [10].

- **Usnadňování si práce** – v kontinuálních výrobach je úloha obsluhy potlačena a prostor pro improvizaci je menší. Zdrojem improvizace může být však i přirozená snaha si chytře usnadnit práci. V jiných provozech je naopak usnadňování si práce vedeno motivací mít úkol co nejdříve hotov a to i za cenu porušení předpisů a riskování [10].
- **„Kiksy“** – jsou situace, kdy se člověk snaží provádět správnou akci, ale udělá ji nesprávně. Například tehdy, když lékař či sestra dá do infuze nesprávnou dávku, ačkoli znají správnou. Chyby se vztahují na pozorovatelnou činnost a jsou obvykle spojeny s chybami pozornosti či percepce. Údržbářova pozornost může být vyrušena a pak odmontuje jinou hydraulickou hadici, než měl. Věděl, čeho chce docílit, nicméně dopustí se nedopatření a provede chybný úkon [51]. Kiksem je také banální chyba v triviálním výpočtu, kterou daný člověk provádí často.
- **Opomenutí** – jedná se o vnitřní události, obvykle jsou to výpadky paměti. Jde o vynechání nějaké činnosti a je jedno, zda předepsané úkolové schéma bylo správné či nikoli – pracovník prostě nedodržel zadání [31]. Například chirurg zapomene nějaký nástroj v otevřeném tele a zašije pacienta [51].
- **Omyl** – je chyba, která se stane, když člověk provede nesprávnou akci. Akce může být udělána perfektně, ale není to akce, která měla být provedena. Například lékař předepíše lék, na který je pacient alergický. Omyly se odehrávají na vyšší úrovni než je percepce – jde o mentální procesy obsažené při vyhodnocení informací, jež jsou k dispozici, plánování, formulaci úmyslu a posouzení pravděpodobných důsledků plánovaných akcí. Zapomene-li údržbář nějaký pracovní postup, anebo ho nikdy plně nepochopil, pak může špatně rozhodnout, zejména v případě manipulace s nějakou novinkou. Jde o volbu špatné akce [51].
- **Nedostatek fyzických nebo duševních schopností** – projeví se tehdy, když se člověk snaží zadané úkoly provádět s dobrým záměrem a podle zadání, ale během práce zjistí, že nemá dostatek síly, zručnosti anebo duševních

předpokladů, aby úkol zdárně splnil. Dostane se tak do situace, kdy již není schopen anebo ochoten práci přerušit a provede úkon, o kterém má za to, že by mohl být správný, ale ve skutečnosti tomu tak není. Může však nastat také situace, kdy daný člověk z důvodu vlastní neschopnosti neprovede úkon žádný a dojde ke vzniku havárie. Například se jedná o situaci, kdy zkušený operátor, který však doposud nezažil reálný havarijní stav systému, se ve stresové situaci zhroutí a není schopen reagovat (byť byl na danou situaci vycvičen).

- **Podcenění rizika nebo ignorování varovných znamení** – tato skupina příčin velmi úzce souvisí se sebeuspokojením a s přehlédnutím. Lidé mají často základní tendenci podceňovat riziko, a to zejména v dobře zkonstruovaných systémech, kde se nežádoucí události vyskytují zřídka a kde se nejhorší varianty následků v podstatě nepředpokládají. Když se lidé snaží predikovat riziko systému explicitně, nebo implicitně, násobí nízké pravděpodobnosti jevů, předpokládají jejich vzájemnou nezávislost a dostávají nemožně malá čísla, přestože ve skutečnosti jsou předmětné jevy závislé na celé řadě dalších okolností. Když pak odchylka anebo nebezpečná situace nastane, lidé nevěnují pozornost varovným znamením, protože jsou přesvědčeni, že velká havárie je nemožná [27].

V praxi je někdy velmi složité rozhodnout, k jaké variantě příčin se přiklonit. Chyba totiž mohla být skutečně způsobena pracovníkem vlivem některé z výše uvedených alternativ, ovšem mnohdy se stává, že k ní byl pracovník donucen okolnostmi. Vyhodnotit, „co“, „jak“ a zejména „proč“ se vlastně stalo, vyžaduje vskutku mnoho zkušeností v daném oboru [31]. Někdy mohou být za správné považovány i dvě možnosti a pak záleží na posuzovateli, jaké argumenty u něj převládnu [37].

V systémovém modelu vzniku chyb existuje základní předpoklad, že lidské chyby vznikají spojením čtyř nutných předpokladů. Jedná se o:

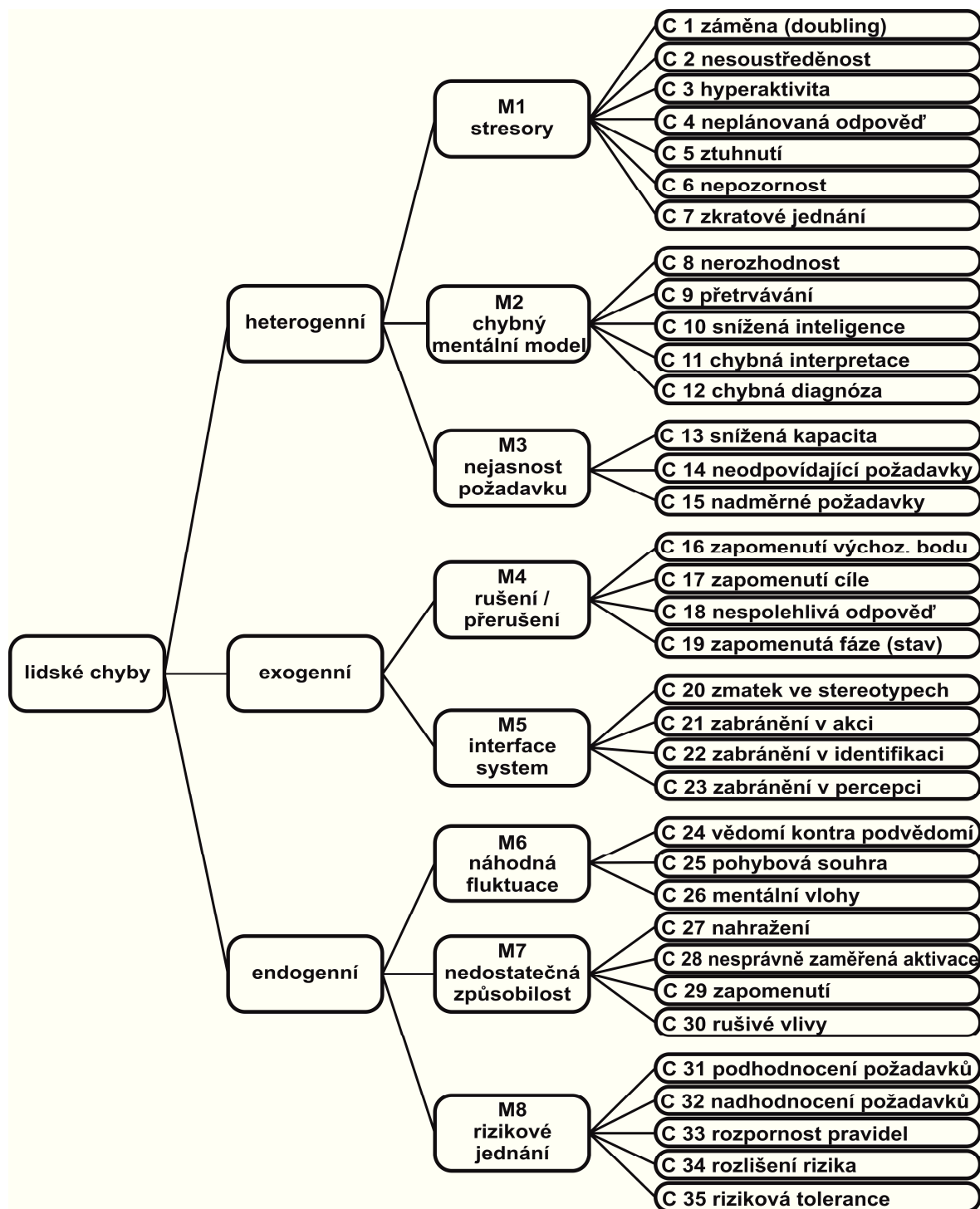
- (1) Vnitřní tendence k chybám (ovlivněné behaviorálními aspekty a kognitivními procesy člověka);
- (2) Aktuální výkonová omezení jednotlivce (ovlivněné interními PIF a stresory);

- (3) Okolnosti, podmínky a prostředí na pracovišti (ovlivněné příčinnými faktory a externími PIF);
- (4) Iniciační událost, která aktivuje provedení chybné operace (ovlivněné kořenovými příčinami).

Při analýze příčin lidských chyb je nejobtížnější odhalit psychologické předzvěsti, jež byly za vznik chyby odpovědné. V roce 1984, ve snaze navrhnout systémový postup při jejich odhalování, shrnul Wehner různá paradigmatata, která jsou uznávána při vyšetřování selhání lidského činitele. Rozdělil je do dvou skupin, které popsal a rozvinul jejich základní premisy tak, aby mohly být lépe využity. Jedná se o [49]:

- Kognitivní přístupy – tyto přístupy vycházejí z existujících vzorů popisujících zpracování informací v lidském mozku. Typické kognitivní přístupy využívají poznatky z oblasti psychologie paměti, teorie rozhodnutí, či kognitivní psychologie. Tyto přístupy byly zahrnuty do hodnocení lidského chybění v technických systémech.
- Behaviorální přístupy – tyto přístupy jsou založeny na vzorech, které popisují lidské chování za určitých situacích. Typické behaviorální přístupy využívají poznatky z neurofyziologie, percepční psychologie, lingvistiky aj. Tyto přístupy byly zahrnuty do SR modelu (Stimulus Reaction Models).

Klasifikaci přímých příčin navrhl v roce 1994 Kirwan ve své metodice pro analýzu příčin potencionálního chybění člověka (PHECA). Použití této metody předpokládá analýzu úkolů (Task Analysis), kdy každý typ úkolu je klasifikován podle typu zapojení (využití) mentálních procesů, podle typu odpovědi provedené akce a podle typu chyby. Navržené schéma umožňuje rozlišit na 35 typů přímých příčin chyb, respektive „psychologických mechanismů chyb“, jak to označují jiné metody (viz obrázek 13). Předností metody PHECA je možnost zjištění vztahů mezi různými příčinami chyb a potencionálními typy (druhy) chyb. Nevýhodou je neprokázaná validita těchto „spojení“ či vazeb [43].



Obrázek 13: Schéma příčin chyb lidského činitele podle metody PHECA (Potential Human Error Causes Analysis) [19].

3.6 Principy pro redukci vzniku lidských chyb

Existuje mnoho strategií k redukci lidských chyb, ale nelze je používat všeobecně (tedy v jakémkoliv odvětví). Existují však dva principy, které lze uplatnit v jakémkoliv oboru a pokud budou uplatněny, dojde tím ke značnému snížení pravděpodobnosti vzniku lidských chyb v daném systému.

Nejefektivněji lze spolehlivost lidského činitele ovlivnit ve fázi designu technologií, kdy jsou již v návrhu technického systému zakomponovány opatření **vyklučující vznik chyby** [29]. Toho lze dosáhnout tak, že návrh systému postupuje směrem od člověka, který je považován za střed vyvíjené technologie. Technologie je tak budována kolem něj (technologie tu je pro člověka a ne člověk pro ni)¹¹ a jsou do její konstrukce zakomponovány pasivní systémy znemožňující lidskou chybu¹². Své opodstatněné místo zde hraje také ergonomie. U složitějších strojů a zejména pracovních systémů dálkově řízených prostřednictvím soustavy sdělovačů, ovládačů a automatických řídicích funkcí je nejčastější příčinou přehlédnutí informací, chybná interpretace jejich významu, záměna či chybná manipulace s ovládačem. Předcházení chybě LČ tak v tomto případě spočívá především v ergonomickém vybavení a uspořádání rozhraní člověk-stroj s cílem maximálně vyhovět antropometrickým, senzorickým a fyzickým omezením člověka.

Druhým principem je pak **prevence** vzniku selhání člověka [86]. V praxi se jedná především o výběr personálu a jeho přípravu a výcvik. O výběru pracovníků a jeho slabých místech je blíže pohovořeno v kapitole 4.2.2 a tak zde nebudeme o tomto opatření hovořit. Naproti tomu u přípravy a výcviku je nutno zmínit, že tato opatření mohou mít vysokou efektivitu při vynaložení nízkých ekonomických nákladů. Základním předpokladem pro pozitivní přínos přípravy a výcviku je, aby jeho náplň a forma odpovídala všem situacím, s nimiž se pracovník může setkat. To se týká jak systému přípravy na povolání, kdy rozhodující úlohu mají učitelé, mistři a instruktoři výcviku, tak přijímaných zaměstnanců. V podstatě jde jednak o vypracování a upevňování určitých návyků k bezpečnému a spolehlivému výkonu a jednak o vytvoření pozitivních postojů ke všem opatřením na ochranu života a zdraví. Významnou úlohu při tom má z hlediska osobnostního motivace,

¹¹ User-centered design.

¹² Error-tolerant design.

tj. pohnutky a příčiny směřující k uspokojení určitých potřeb a individuálních představ o profesionální a osobní úspěšnosti [86].

3.7 Faktory ovlivňujících výkon a spolehlivost člověka

Lidské chování spolu s osobnostními předpoklady jednotlivce, jeho výcvikem a zkušenostmi, předpisy organizace a úrovní managementu jsou označovány za klíčové prvky ovlivňující vznik nehod. Tato myšlenka není nová a lze ji nalézt v již uváděném díle H.W. Heinricha. Ovšem člověk, coby součást pracovního systému, je kromě těchto aspektů významně ovlivňován také tzv. vnitřními a vnějšími vlivy a také stresory. Ty mohou souviset s jeho duševní pohodou či zdravotním stavem, ale také s působením okolního prostředí apod. Je zřejmé, že čím širší bude množina těchto vlivů, tím vyšší bude i pravděpodobnost, že se lidský činitel bude podílet na případném vzniku nehody [1], [13], [40]. Jednotlivé aspekty, které zde byly zmíněny, se nazývají „**faktory ovlivňující výkon**“ člověka (tzv. Performance Influencing Factors – PIF, resp. Performance Shaping Factors – PSF). Tyto faktory se vztahují k určitému času, místu, vybavení, klimatu bezpečnosti ve firmě, úrovni znalostí a dovedností pracovníků atd. a vytvářejí jakési pojítka mezi potenciální chybou lidského faktoru, její příčinou a pravděpodobností (HEP), že za daných okolností nastane [43].

V systémovém přístupu je využito teorie PSF v minimálně pěti oblastech [45]:

- jako nástroj k auditu k identifikaci problémových oblastí;
- jako nástroj při vyšetřování nehod;
- v rámci kvalitativní predikce možných chyb;
- jako nástroj při hodnocení provozních podmínek, za nichž jsou úkoly prováděny;
- ve fázi designu.

Ačkoli se o PSF a PIF hovoří v mnoha odborných pracích, neexistuje jejich jednoznačná definice. V různých zdrojích se tak lze setkávat s mnoha variacemi. V případě PSF se obecně má za to, že jsou to faktory pracovního systému, které jednání člověka

nejvíce ovlivňují [75], resp. že to jsou faktory, které ovlivňují nebo by mohly ovlivňovat výkon člověka, jeho spolehlivost a rychlost zotavení po provedené chybě [18]. V jaderné energetice se však nejčastěji používá následující definice: „PSF představují výkonové faktory sloužící pro hodnocení spolehlivosti člověka v pracovním systému, které jsou aplikovány pro kontrolu kvality prováděných úkolů s cílem minimalizovat pravděpodobnost vzniku chyby. PSF pomáhají určovat pravděpodobnost vzniku chyby nebo způsob efektivního lidského výkonu, ale nemusejí být přímo sdruženy s lidským selháním. Jsou-li všechny relevantní PSF týkající se určité specifické situace optimální, pak výkon člověka v pracovním systému bude také nejefektivnější a pravděpodobnost vzniku chyby minimální“ [11].

Výše uvedené definice jsou sice naprosto vyčerpávající, avšak příliš složité, a proto Embrey [44] navrhl používat zjednodušené vyjádření používané pro PIF. Podle něj jsou PIF faktory, které charakterizují lidskou činnost spojenou s prováděním pracovních úkolů, a které se kombinují se základními lidskými chybami, jež mohou při jednotlivých akcích vznikat. Ačkoli lze tedy PIF sdružovat s lidskými chybami (tj. ke každému PIF lze identifikovat relevantní chyby, které mohou vzniknout v případě nízké úrovně daného PIF v organizaci), nelze je v žádném případě spojovat s tzv. neúmyslnými chybami (omyly) [44], které vznikají například různými „přehmaty“ apod. a nemají tedy přímou příčinu.

Swain a Guttman rozdělili PIF faktory do tří základních skupin¹³ [39]:

- Vnější faktory
 - Situační faktory (pracoviště a prostředí)
 - Instrukce a výcvik
 - Organizační faktory (zdroje a organizace práce)
 - Rozhraní člověk-stroj
- Stresory
 - Psychologické stresory
 - Fyziologické stresory

¹³ Uvedené členění PIF je pro lepší přehlednost upraveno v souladu s IAEA-TECDOC-538.

- Vnitřní faktory
 - Osobnost, inteligence a schopnosti
 - Zdravotní stav (fyzický, duševní a senzorický)
 - Emoce a chování
 - Sociální faktory
 - Faktory ovlivňujících kvalitu výkonu

V praxi je nutné kategorizaci používaných PIF zvolit podle účelu analýzy. Není totiž nikde stanovena žádná předepsaná taxonomie. Na základě podmínek a vstupních požadavků lze definovat jako základní oblasti ovlivňující spolehlivost pracovního systému tyto [45]:

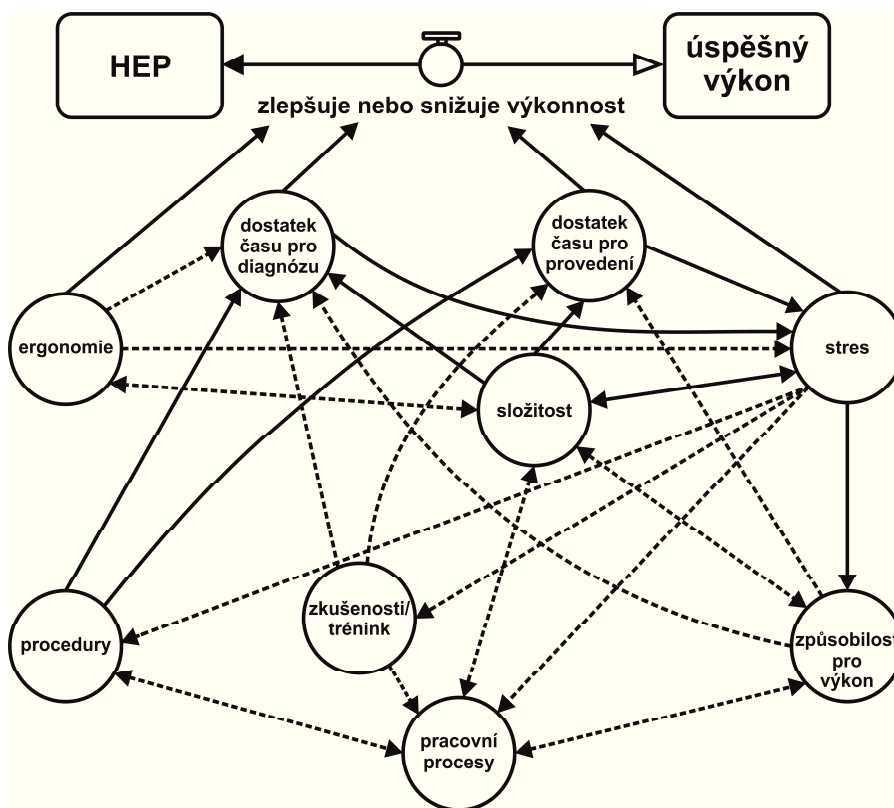
- Školení a výcvik
- Povinnosti a úkoly
- Rozhodování a řízení procesů
- Ovládání a manipulace
- Pracovní skupina
- Dohled a dozor
- Řízení a management
- Osobnostní rysy
- Rizikové faktory prostředí
- Pracoviště
- Stresové faktory a situace

Výše uvedené skupiny mohou dobře posloužit k rozdělení jednotlivých faktorů, čímž vytvářejí základní skelet taxonomie, do které je možno každý jednotlivý faktor

zakomponovat. Žádná taxonomie ale není striktní, takže i výše uvedené členění prezentuje jen jeden z možných přístupů.

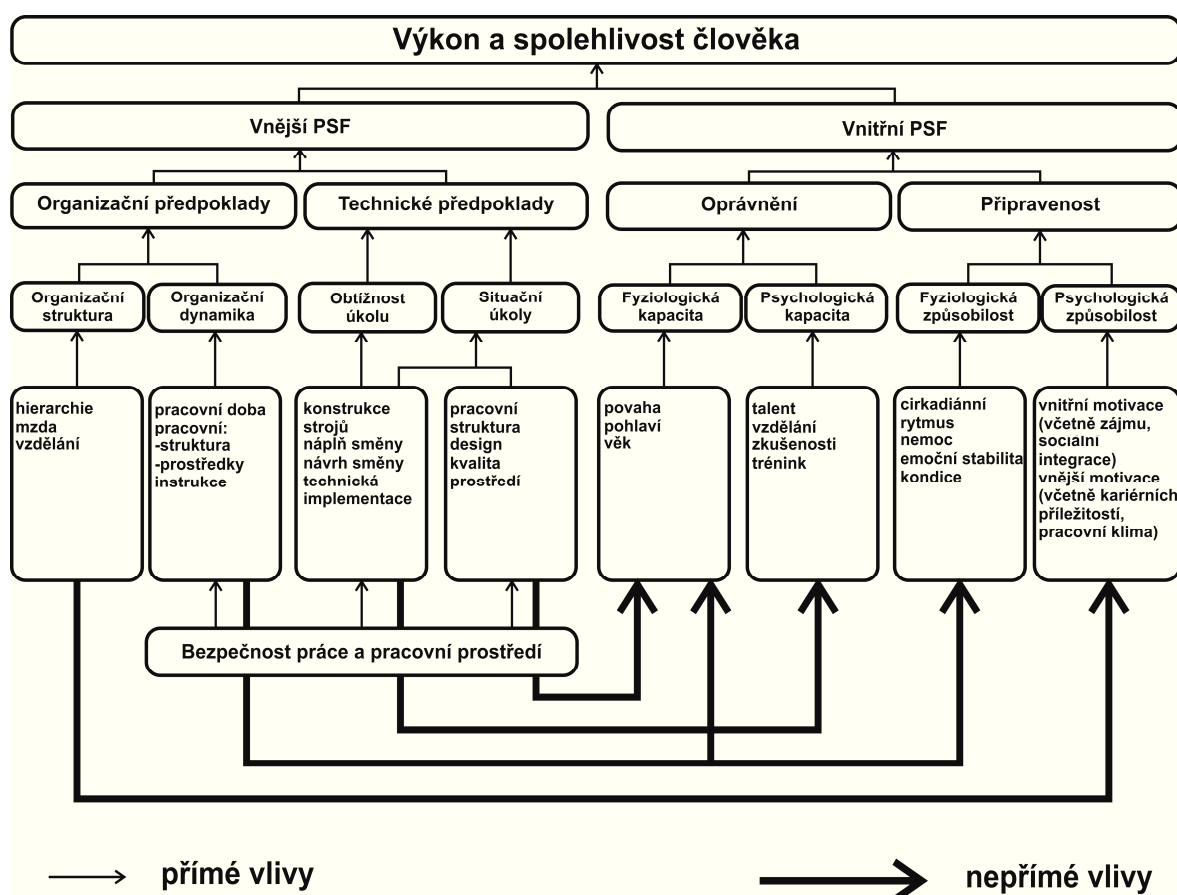
Jediným předpokladem v taxonomii PSF či PIF je její hierarchická struktura – ideálně dvou až tříúrovňová. Přístupů k členění je několik – od původní taxonomie Swaina a Guttmana, přes Bubbovu schématicku až po Grozanovičovo dělení na okamžité a latentní faktory.

Dělení na okamžité a latentní PIF/PSF se zakládá na předpokladu, že PIF/PSF mohou mít časově rozdílné účinky. Okamžité PIF/PSF jsou uváděny ty, které bezprostředně působí na člověka v pracovním systému v závislosti na podmínkách prováděného úkolu a jejich vliv na chybovost je negativní. Naproti tomu latentní PIF/PSF existují neustále, neboť jsou odrazem firemní kultury, zavedených pravidel a sdílených hodnot, takže jejich vliv může být i pozitivní jak na jedince, tak na skupiny (lze je sdílet a přenášet formou skupinových postojů) [73].



Obrázek 14: Diagram zobrazující vztahy mezi PSF (plné čáry značí vysokou míru vztahu, přerušované čáry značí méně významné vztahy) [74].

Výše byla zmíněna klasifikace základních PSF, kterou v roce 1994 navrhl H. Bubb. Kromě taxonomie PSF načrtl také schéma možných interakcí mezi jednotlivými PSF (viz obrázek 14), jejichž výsledkem je vliv na celkový výkon člověka (viz obrázek 15). Toto schéma uvádí přímé a nepřímé vlivy vnějších a vnitřních PSF. Přímé vlivy jsou převážně ty, které ovlivňují člověka prostřednictvím organizačních faktorů, prvků pracovního prostředí a individuálních schopností jedince, kdežto nepřímé vlivy jsou takové, které ovlivňují člověka prostřednictvím sociálních a individuálních vazeb na úrovni řízení pracovního procesu [69].



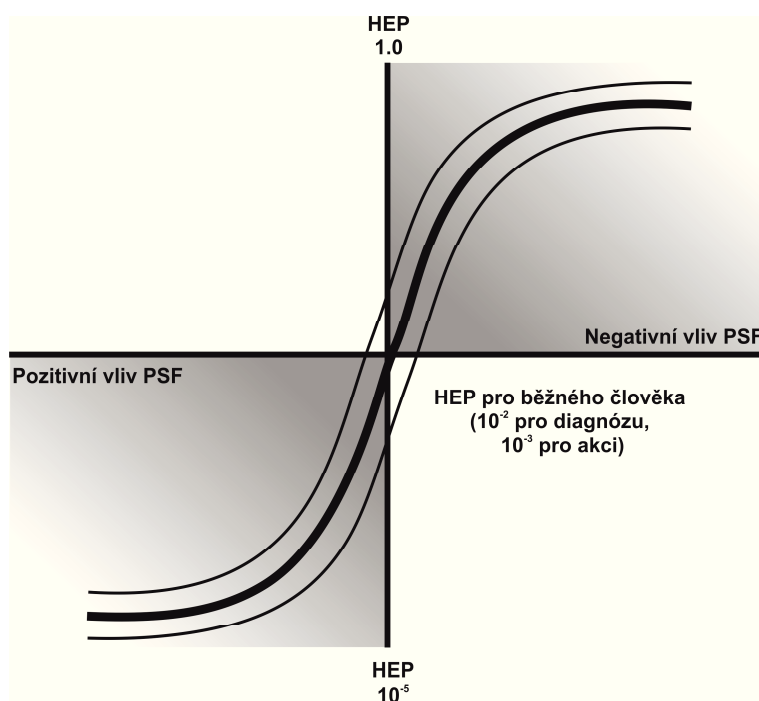
Obrázek 15: Schéma vazeb u přímo a nepřímo působících PSF [69].

Na člověka, který je ústředním bodem pracovního systému, působí řada vlivů. Z hlediska bezpečného provozu jsou klíčové informace, které musí být obsluhou přijaty a kognitivně zpracovány a je učiněno určité rozhodnutí. A právě tato fáze je z hlediska bezpečnosti velmi kritická, protože v tuto chvíli může docházet ke vzniku lidské chyby se

všemi jejími důsledky. Například pokud je na pracovišti hluk, tak nemusí být obsluhou zaznamenáno nestandardní chování systému (např.: zadření motoru nějakého stroje).

Má-li být prostřednictvím PSF provedena charakterizace úrovně pracovního systému, je zapotřebí zavést jednotný systém hodnocení jejich významnosti [45]. V praxi to znamená provedení jejich relativního ocenění. Pro uskutečnění tohoto cíle bývá využíváno kategorizační hodnocení pomocí několikabodové škály. Příkladem může být tato škála charakterizující vliv daného PSF na výkonnost, pohodu a spolehlivost člověka [45]: pozitivní – zanedbatelný – negativní.

Tento vliv lze v kontextu na reálnou hodnotu HEP graficky vyjádřit pomocí sigmoidní závislosti, kdy pozitivní vliv PSF snižuje HEP limitně až k hodnotám daným spolehlivostními omezeními člověka a naopak negativní vliv PSF zvyšuje limitně HEP až k hodnotě 1 (viz obrázek 16).



Obrázek 16: Vyjádření HEP jako funkce závislé na síle vlivu PSF [74].

Sady definovaných PSF faktorů, které je možné bodově hodnotit, se v praxi využívají jako součást speciálně vyvinutých analytických metod. V tomto ohledu se v praxi osvědčily zejména metody THERP, MORT či PHEA. Jedná se o pokročilé

stromové metody, kterými je kromě vhodné struktury nabídnuta také dostačující hloubka prováděné analýzy [45]. Bohužel, řada z těchto přístupů je značně omezená a ani základní metodiky neobsahují podrobnější interpretaci výsledků analýzy PSF faktorů. K dispozici je však řada odborných prací (např. [1], [11], [15], [44], [45]), které nabízejí různé přístupy při řešení tohoto problému.

4 LIDSKÝ ČINITEL V KONTEXTU PREVENCE ZÁVAŽNÝCH HAVÁRIÍ

4.1 Historické konsekvence a vazba na prevenci závažných havárií

Za počátky exaktního zkoumání v oblasti lidského činitele lze považovat celoživotní dílo Franka a Lillian Gilbrethových, kteří již v roce 1911 vyslovili myšlenku, že spolehlivost (a výkonnost) člověka je determinována nejslabším článkem v rámci předepsaného úkolového schématu. Tím nepřímo definovali, že chceme-li posoudit spolehlivost lidského činitele při provádění určitých pracovních činností, je nutné nejprve provést studii časového profilu práce (Time-Motion Study), dnes nazývanou jako analýzu úkolů. Analýza úkolů je zaměřena spíše na kvalitu, výkonnost a přesnost člověka při práci, a nezohledňuje roli člověka coby entity, jež je nedílnou součástí celého pracovního systému, který svými omezeními také utváří/limituje. Interakce člověka s jednotlivými prvky pracovního systému je oboustranná, a tedy vliv vnějších faktorů hraje v ovlivňování lidského výkonu významnou roli. Tuto skutečnost si dobře uvědomoval již na konci 19. století Frederick Taylor, autor teorie vědeckého řízení (Scientific Management Theory). Taylor měl na zakázku amerických průmyslníků nalézt způsoby, jak maximálně zefektivnit, zlevnit a maximalizovat průmyslovou výrobu a především pak výkon dělníků. Svou teorii proto postavil na hlavní myšlence, že při každé práci existuje „jeden nejlepší způsob řešení“. V rámci svého úsilí směřovaného k definování požadavků pro nalezení onoho jediného správného postupu však postupně zjistil, že klíčový prvek pracovního systému, tj. člověk (resp. pracovní kolektiv), je výrazně ovlivněn systémem řízení v daném podniku, zejména pak personální politikou, motivačními prvky a způsobem dělby práce uvnitř pracovního týmu i napříč hierarchií managementu firmy. Tak byly postupně definovány nejvýznamnější prvky v taxonomii dovedností využívající základních psychometrických prvků, které se později staly základem pro kognitivní psychologii, jež se začala masivněji rozvíjet v 70. letech 20. století. Nejvýznamněji z Taylorovy práce čerpá ale teorie systémů navržená ve 30. letech 20. století Wienerem a Bertalanffym, která postupně vyústila v řadu praktických návodů, jakými je kupříkladu princip P-D-C-A publikovaný Demingem [18].

Zásadní mezník v rozvoji oboru Human Factors Engineering, resp. jeho specifické oblasti zaměřené na interakci člověka a stroje, byla bezpochyby 2. světová válka. Tehdy začali konstruktéři letadel v USA a Velké Británii řešit, proč řízení letounu dělá potíže nezkušeným nováčkům. V jednu chvíli války totiž bylo na straně spojenců ztraceno dokonce více letadel v důsledku chyb pilotů, než bojových akcí nepřítele [27]. Díky rozvíjející se teorii systémů nehledali odborníci příčinu pouze v lidech, ale zaměřili se na to, jak lze složitý stroj konstruovat, aby se jej nováčci naučili co nejrychleji a nejefektivněji ovládat. Analýzou činnosti pilotů dospěli k tomu, že musí změnit ovládací systém a sdělovače tak, aby více vyhovovaly lidské přirozenosti. Tím byly položeny základy systematického přístupu, který se již nesoustřeďoval parciálně jen na některé faktory a prvky, ale integrálním přístupem zohledňoval vazby mezi strojem a jeho uživatelem a to od jeho samotného návrhu, přes konstrukci až po ovládání. Vznikla tak nová samostatná oblast „Human-Machine Interaction“.

Po skončení 2. světové války se rovina zájmu přenesla především do jaderného průmyslu, kde počátkem 50. let 20. století vznikly první aplikace skutečně rozvinutých analýz spolehlivosti lidského činitele. V USA se jednalo o techniky určené pro odhad vzniku lidské chyby, které byly zpočátku vyvíjeny jako kvalitativní kontrolní metody – například pro odhad chybování montérů jaderných hlavic v Sandia National Laboratories [39].

Skutečnou revoluci zažil obor Human Factor Engineering v průběhu 70. až 90. let minulého století. V roce 1972 byla Swainem vyvinuta přelomová stromová metoda Technique for Human Error Rate Prediction známá pod zkratkou THERP, která byla oficiálně vydána jako standard v roce 1983 [39]. Tato práce byla později rozšiřována také o lidské chyby vznikající při úkolech řízení provozu se zvláštním zřetelem na provoz jaderných reaktorů. Toho zdatně využil profesor Norman Rasmussen, autor zprávy „The Reactor Safety Study“ známé jako WASH-1400 [30], který na žádost americké komise pro atomovou energii (NRC) se svým týmem v roce 1975 zpracoval rozsáhlou analýzu, která se stala přelomovým dílem [21], [27]. Tato práce, která jako první shrnovala mimo jiné i generické údaje o poruchách na komerčních jaderných reaktorech v USA, se stala základním pilířem pro rozvoj metod pravděpodobnostní analýzy vlivu lidského činitele (tzv. PRA a PSA). Na základě výsledků této obsáhlé studie byl NRC následně vyhlášen národní program IPE („Individual Plant Examination“), v rámci něhož musely všechny

tehdejší jaderné elektrárny v USA předložit do roku 1990 pravděpodobnostní hodnocení rizik zaměřené na spolehlivost lidského činitele. Pět z těchto studií pak bylo využito pro návrh technického standardu NUREG-1150, který byl vydán v roce 1991, a na jehož základě byla v USA v dalších letech postupně vydána série regulačních předpisů pro jaderná zařízení (například [26]). Podobný program jako IPE vyhlásila v roce 1995 také Mezinárodní agentura pro atomovou energii (IAEA). Jednalo se o program „Coordinated Research Programme“, který byl završen vytvořením dokumentu, jež byl následně vydán jako standard IAEA-TECDOC-1048 [5]. IAEA se však spíše než na lidského činitele zaměřila na systémové pojetí role člověka v rámci organizace a v reakci na havárii v jaderné elektrárně v Černobylu definovala v roce 1986 pojem „kultura bezpečnosti“¹⁴, v pozdějších letech (2002-2006) pak požadavky na ni (viz např. TECDOC-1321 a TECDOC-1329).

Stejně jako v jaderném průmyslu, tak i v průmyslu chemickém (procesním) historické zkušenosti poukázaly na narůstající počet nehod a havárií se závažnými následky, jejichž příčinou bylo lidské selhání [10], [15]. Tato skutečnost byla podmíněna prudkým zvýšením objemu chemické výroby a zavádění stále složitějších výrobních technologií a procesů [13]. Manuální práce i v rámci řízení výroby byla postupně nahrazována stále vyspělejší automatizací, což vedlo k postupnému snižování počtu zaměstnanců ve výrobní sféře a současně ke zvyšování nároků na obsluhu. Ačkoli se v chemickém průmyslu v poválečném období přihodila řada závažných havárií (za zmínku stojí například havárie ve Flixborough v roce 1974), skutečně zlomovou událostí se stala až havárie v italském Sevesu v roce 1976. Tato událost totiž vyprovokovala celoevropský legislativní proces, který v roce 1982 vyústil v přijetí směrnice 82/501/EEC a následně směrnice 96/82/ES v roce 1996 (známé pod označením Seveso I a Seveso II). Zde byly, podobně jako dříve již v jaderném průmyslu, definovány požadavky na vypracovávání rizikových analýz, jejichž součástí mělo být i hodnocení spolehlivosti lidského činitele. V Československu byly na konci 80. let 20. století učiněny první nesmělé kroky k zavedení podobných regulačních opatření [37], avšak plnohodnotně se systém prevence závažných havárií u nás etabloval až přijetím zákona o prevenci závažných havárií (č. 353/1999 Sb.)

¹⁴ Soubor charakteristik a postojů organizace i jednotlivců, které zaručují, že ochrana zdraví a bezpečnost dostanou prioritně pozornost, zaručenou jejich významem.

v roce 1999. Ten byl postupně novelizován v souladu s evropskými předpisy, přičemž aktuálně platný je zákon č. 59/2006 Sb.

4.2 Kritický pohled na aktuální přístup k lidskému činiteli v podnikové praxi

4.2.1 Pohled managementů podniků k lidskému činiteli

Lidský činitel se rozhodujícím způsobem podílí na vzniku závažných havárií, a proto jej lze objektivně označit za dominantní faktor ovlivňující bezpečnost provozu v podniku. V mnoha případech to je právě lidský činitel, kterým byla daná nehoda způsobena. Jindy zase selháním lidského činitele daná nehoda eskaluje [31]. Vyšetřování příčin většiny nehod je proto často zakončeno zjištěním, že jejich vznik byl spojen s chybou člověka [10]. Tento závěr je vlastně logickým důsledkem lidské existence, protože bez člověka a jeho konání by nebyly ani pokrokové technologie a jejich výtěžky na straně jedné, ani rizika s nimi spojená na straně druhé.

Lidský činitel bývá v kontextu se systémovým pojetím řízení ve firmách často definován jako nedílný prvek systému či základ firemní kultury. Málokdy se ale zdůrazňuje, že člověk není pouhá výkonová jednotka, nýbrž činitel, který zahrnuje všechny aspekty související s technologií, tj. od fáze návrhu až po likvidaci zařízení. Je to totiž právě člověk, který reprezentuje všechny aspekty systému řízení, neboť takřka všechny jsou jakkoli člověkem ovlivnitelné. Každé úmyslné nebo neúmyslné selhání člověka je proto nejen příspěvkem k příčině vzniku nežádoucí události, ale především odrazem pravidel a kultury, které jsou ve firmě zakořeněné a formované přístupem managementu [42].

Řízení procesů, kontrolní činnost, péče o personál a údržba technického zařízení stojí na lidském potenciálu jednotlivých pracovníků v podniku, a na lidském potenciálu také padají. Byť se to může v tomto kontextu zdát jako nelogické, ale většinu chyb personálu nelze označovat za příčiny vzniku nežádoucí události. Mnohá selhání lidského činitele ač jsou výsledkem myšlení, uvažování a činností člověka, mívají příčinu nikoli v jednotlivci, ale v pracovních skupinách a v organizačních faktorech. Pochopit příčiny selhání člověka proto velmi často vyžaduje spíše než pochopení mentálních procesů

jednotlivců provedení pečlivé analýzy firemní kultury, skupinových hodnot a přístupu managementu napříč celou hierarchií řízení podniku.

Kvalita managementu se podle řady studií jeví jako určující aspekt prevence selhání lidského činitele [29]. Nelze oddělovat bezpečný management od efektivního managementu, a proto je nezbytné bezpečnost zařadit jako integrální součást celého řídicího procesu a klást také důraz na její prioritu [42]. Tuto skutečnost by si však měli uvědomovat také představitelé vrcholového managementu, kteří však raději s oblibou svůj pohled zjednodušují na jednotlivce a měřitelné parametry pracovního výkonu (mezi něž však bezpečnost provozu ani spolehlivost člověka nepatří).

4.2.2 Výběr pracovníků na kritické pracovní pozice

Personální výběr lidí, kteří budou v podniku zastávat z hlediska bezpečnosti provozu nejdůležitější místa (tzv. kritické pracovní pozice), není v praxi prováděn vždy s ohledem na svou důležitost. Kritéria výběru se stále více snižují a lidé jsou často najímáni bez požadovaného prověření jejich psychické odolnosti. Důvodem jsou dvě základní skutečnosti:

- (1) O tyto práce není u uchazečů příliš velký zájem, protože se jedná obvykle o směnovou práci, náročnou z hlediska psychiky s velkým podílem noční práce. K těmto aspektům se přidává prvek nedostatečného finančního i společenského ocenění, což uvedené profese činí neatraktivní, zejména u mladší generace.
- (2) Výběr lidí je podceňován, neboť se management spoléhá na redundanci technické složky a pokročilé systémy řízení (tzv. sebeuspokojení). Role člověka je tak mylně považována za druhotnou či méně významnou a odpovědnost za bezpečnost provozu je spatřována v technické složce.

Není se tedy čemu divit, když i zkušený operátor selže, vyskytne-li se mimořádná situace, na kterou sice byl připravován, ale kterou není schopen zvládnout díky stresu a psychickému vypětí, které jej v inkriminovanou chvíli „vyřadí“ z rozhodovacího procesu. Dostatečný mentální a psychický výkon člověka zaručený za všech okolností je tak velmi

důležitým předpokladem pro bezpečný a spolehlivý provoz složitých technologických celků a je nutné jej striktně zohledňovat.

Vlastní výběr člověka by proto měl vždy začínat stanovením požadavků a náplně pracovní činnosti pro konkrétní místo, na základě čehož lze vytvořit co nejpřesnější kritéria. U kritérií je potřeba brát důraz na jejich objektivitu a jasné vymezení. Přehled základních kritérií pro výběr zaměstnanců je následující [51]:

- odbornost, vzdělání a předchozí praxe,
- zdravotní stav,
- trestní bezúhonnost,
- spolehlivost a důslednost,
- výkonové a osobnostní charakteristiky (inteligence, paměť, pozornost, odolnost vůči stresu, apod.).

Samozřejmě závisí na konkrétní pozici, jaké z výše uvedených, popř. dalších specifických kritérií bude stěžejní. Co se týká samotného procesu výběru lidí v praxi, tak na prvním místě by mělo být prováděno rozřídění uchazečů podle poskytnutých životopisných dat a podkladů o předchozí praxi, způsobilosti, apod. (viz hlavně životopisy, motivační dopisy, osobní dotazníky). V dalším kole lze využít různé testy a specializované dotazníky k zjišťování a ověřování osobnostních a výkonových charakteristik, jako jsou například: (1) test disjunktivního reakčního času DRČ-II [78], (2) test pozornosti d2 [79], (3) test struktury inteligence I-S-T 2000R [80], (4) osobnostní inventář NEO-PI-R [81], (5) dotazník interpersonální diagnózy ICL [82], (6) strategie zvládání stresu SVF 78 [83] a jiné.

Výše prezentované metody mohou být velmi dobrým základem pro profese, které jsou spojeny s vyšší mírou odpovědnosti, resp. jsou náročné na pozornost, rychlé rozhodování, zvládání zátěžových situací, spolupráci s dalšími pracovníky. Test DRČ-II, test pozornosti d2 a IST 2000R coby výkonové testy by měly být v rámci pořadí použity mezi prvními. Na ně by pak měla navázat osobnostní stránka, kterou lze ověřit dotazníkem NEO-PI-R, dotazníkem ICL a pomocí strategie zvládání stresu SVF 78. Spolu s těmito

metodami je ideální využít ještě rozhovor a řešení modelových, praktických situací, díky čemuž lze získat velice účinný komplet informací z různých úhlů pohledu pro výběr nejvhodnějšího uchazeče. Jako doplněk se doporučuje využití modelových situací a řešení praktických situací. Jedná o velice efektivní postupy, protože se člověk ukáže přímo „v akci“, jaký prostě je při dané činnosti. Jedná se v zásadě o simulované podmínky, ve kterých za přítomnosti posuzovatelé plní uchazeči zadané úkoly [51].

Cílem takto provedeného psychologického výběru tedy není nalézt nelepššího uchazeče, nýbrž vyloučit osoby, jež mají určité osobnostní rysy, které by nebyly slučitelné s požadavky na duševní a mentální výkon jedince při plnění zadaných pracovních úkolů. Mohou to být například jedinci s tendencí k rizikovému jednání, neschopní odhadnout závažnost a důsledky svého počínání, dále osoby s malou sebedůvěrou, opatrní, nerozhodné, nevyrovnané s různými neurotickými příznaky atd. Do této skupiny patří i lidé s malou zátěžovou tolerancí, tj. kteří se nedokáží vyrovnat s mimořádnými pracovními úkoly a podmínkami (např. racionálně jednat v časovém tlaku, rychle a správně reagovat na kritické provozní situace apod.) [87].

Tato doporučení není snadné konfrontovat s realitou, protože relevantní informace chybí. S přihlédnutím ke kusým poznatkům, které k této oblasti jsou k dispozici lze ale konstatovat, že hodnocení osobnostních determinant je prováděno jen u velmi malého procenta podniků. Většinou se jedná o aplikaci dotazníků sestavených poučenými laiky a nástroje psychologické analýzy zůstávají nevyužity. Výstupy tak nemohou posloužit v plné míře k účelu, jaký se od nich očekává. V průmyslové praxi se také setkáváme s tím, že veškerá podobná šetření provádějí interní personalisté. To je velká chyba. Veškeré činnosti spojené s ověřováním osobnostních charakteristik jednotlivců, musí být svěřeny výlučně zkušenému psychologovi. Dále je nutné si uvědomit, že se při těchto testech nakládá mnohdy s důvěrnými personálními a tak je potřeba velmi obezřetně data chránit, stejně tak jako zaručit testovaným jedincům jistotu, že nebudou zneužity.

4.2.3 Problémy spojené s hodnocením vlivu lidského činitele v souvislosti s relevantními zdroji rizik

V rámci posuzování vlivu lidského činitele na daný technologický proces je nutné pamatovat na to, že bezpečnost provozu je dána spolehlivostí všech jeho hlavních složek, a tyto jsou ovlivňovány spektrem vnějších vlivů [11]. To je také důvodem, proč se v poslední době zvyšuje tlak na aplikaci filozofie chybových módů, analýz úkolů či kvantitativní analýzy, které umožňují tyto faktory posoudit a ocenit míru jejich závažnosti [36]. Naproti tomu posuzování vlivu fyzikálních faktorů (faktorů prostředí) na spolehlivost člověka dnes již není považováno za postačující [45]. Moderní způsoby hodnocení se ubírají ve směru zohlednění působení samotného systému řízení, (tj. organizace práce, diferenciací úkolů atd.), interakce člověk-stroj a také interakcí mezi lidmi samými, tj. interakci člověk-člověk uvnitř pracovního systému. K tomu se využívá hodnocení vnějších a vnitřních faktorů ovlivňujících výkon (PIF), které bývá někdy doplněno také o psychologické šetření za účelem zjištění aktivních stresorů u sledované skupiny pracovníků. Významně se uplatňuje také posuzování sociálních faktorů a kognitivní diagnostika. V posledních 20 letech bylo dosaženo v tomto směru značného pokroku; byla vypracována řada analytických metod, návodů a software.

Pro účely zákona č. 59/2006 Sb. má být posouzení vlivu lidského činitele reprezentováno hodnocením jeho spolehlivosti a jeho chybování. V praktickém výstupu byla dle dosavadní praxe tato analýza zaměřena pouze na popisy, informace a prokázání existence a funkce určitých subsystémů a účinnosti opatření v souvislosti s předmětným objektem, resp. zařízením, a lidským činitelem, který by mohl ovlivnit bezpečnost provozu a vznik uvažované závažné havárie. Stávající přístupy užívané pro posouzení vlivu lidského činitele tak zúžily tuto studii na minimální úroveň, takže nelze zcela objektivně posoudit, jak významně může lidský činitel ovlivnit bezpečnost provozu daného objektu nebo zařízení. S přihlédnutím k ustanovením zákona č. 59/2006 Sb. a především pak vyhlášky č. 256/2006 Sb. toto řešení není věcně ani formálně správné, byť bylo dlouhou dobu státní správou akceptováno.

Jelikož existuje řada exaktních postupů, jak se s uváděným tématem v praxi analyticky vypořádat, není uváděný přístup také v souladu s aktuálními vědeckými a

technickými poznatky, k nimž by měl provozovatel podle § 10, odst. 4 zákona při zpracování bezpečností zprávy přihlížet.¹⁵

V roce 2006 se Ministerstvo životního prostředí, v jehož gesci se problematika prevence závažných havárií nachází, rozhodlo vydat metodický pokyn určený pro zpracovatele dokumentu „Posouzení vlivu lidského činitele na objekt nebo zařízení v souvislosti s relevantními zdroji rizik“ [24]. Tento materiál si kladl za cíl definovat základní požadavky na kvalitu, obsah a rozsah uvedené analýzy, avšak v praxi se příliš neuplatnil. Tato skutečnost může být způsobena několika příčinami:

- Metodický pokyn je právně nezávazný a tak jej zpracovatelé neakceptovali, resp. orgány státní správy a samosprávy nevyžadují jeho plnění;
- Metodický pokyn je nesrozumitelný;
- Metodický pokyn vyžaduje po zpracovateli splnění příliš náročných požadavků, pro které nemá dostatek odborných znalostí a zkušeností;
- Metodický pokyn definuje rozsah analýzy příliš obsáhle, a jejichž splnění negativně ovlivňuje rozpočet celkového díla (tj. analýzy a hodnocení rizik);
- Metodický pokyn doporučuje využití metod, které nejsou běžně dostupné, popř. jsou k dispozici v jiném než českém jazyce;
- Metodický pokyn není dostatečně a vhodným způsobem propagován či chybí potřebná odborná podpora.

Skutečná příčina je zřejmě kombinací výše uvedených, přičemž u každého zpracovatele převažuje vliv té či oné. Ze zkušeností lze také uvést, že řada zpracovatelů používá vlastní „osvědčené“ přístupy nebo metodiky, poskytující mnohdy i kvalitní výstupy, avšak většinou zaměřené pouze na dílčí oblast posouzení vlivu lidského činitele na objekt nebo zařízení (např. analýza HAZOP [84]), anebo popisující roli lidského činitele

¹⁵ Provozovatel je povinen zajistit posouzení bezpečnostní zprávy nejpozději do 5 let ode dne nabytí právní moci rozhodnutí o jejím schválení nebo předchozího posouzení, a dále na základě vlastní iniciativy nebo na žádost krajského úřadu v případech odůvodněných novými skutečnostmi nebo **s ohledem na nové technické poznatky týkající se otázek bezpečnosti, analýzy havárií nebo poznatků v hodnocení nebezpečí.**

pouze na úrovni řízení, personální politiky podniku či při ovládání řídicích prvků technologických zařízení. Komplexní zpracování tak zcela chybí.

Praxe tedy ukázala, že je nutné navrhnout nový postup, který by lépe vyhovoval zpracovatelům uvedeného dokumentu. Současně však musí tento návod odrážet aktuální poznatky z oboru Human Factors Engineering, nejlépe doplněný o případovou studii, jež by byla zpracována pro reálné podmínky konkrétního pracoviště vybraného provozovatele zařazeného do skupiny A nebo B dle zákona č. 59/2006 Sb.

5 NÁVRH METODIKY PRO ANALÝZU CHYBOVÁNÍ LIDSKÉHO ČINITELE

5.1 Požadavky pro návrh řešení

5.1.1 Analýza problému

Pro účely zákona č. 59/2006 Sb. o prevenci závažných havárií musejí provozovatelé objektů nebo zařízení s rizikem vzniku závažné havárie vypracovávat posouzení vlivu lidského činitele v souvislosti s relevantními zdroji rizik (viz vyhláška č. 256/2006 Sb.) a to pro normální i mimořádné provozní podmínky. Spolehlivost lidského činitele tvoří nedílnou součást hodnocení rizik uváděných v bezpečnostní dokumentaci, což je v praktickém výstupu reprezentováno popisy, informacemi a prokázáním existence a funkce určitých subsystémů a účinnosti opatření v souvislosti s předmětným objektem, resp. zařízením.

Vliv lidského činitele se určuje na události a procesy, které mohou vést ke vzniku a rozvoji závažné havárie. Jedná se o možné iniciační události, přechodové jevy a řízené procesy, do kterých může lidský činitel přímo nebo nepřímo vstupovat, a to prostřednictvím výkonu kontroly popř. řízení objektu nebo zařízení, na kterých může ke vzniku uvažované závažné havárie dojít. Posouzení vlivu lidského činitele na systém (tj. na objekt nebo zařízení včetně příslušných rizik) by proto mělo zahrnovat¹⁶:

- Analýzu vlivu lidského činitele na systém, včetně popisu činností provozní obsluhy, před vznikem potenciální iniciační události.
- Analýzu systému, včetně popisu činností provozní obsluhy, v případě vzniku iniciační události.
- Opatření pro eliminaci nebo omezení selhání (chybování) lidského činitele s možným následkem vzniku závažné havárie u identifikovaných kritických profesí při výkonu příslušných prací.

¹⁶ Uvedený rámec byl na rozdíl od českého právního řádu ve slovenské legislativě přehledně definován již v roce 2002 a to ve vyhlášce č. 489/2002 Z.z., v § 6, odst. 8 a 9.

Posouzení vlivu lidského činitele na objekt nebo zařízení je komplexním dokumentem, který by měl přehledným způsobem zahrnovat posouzení spolehlivosti lidského činitele a posouzení chybování lidského činitele. Obvykle to takto ale zpracovateli chápáno není.

Výše uvedené části posouzení vlivu lidského činitele lze splnit prostřednictvím kvantitativní nebo kvalitativní analýzy. Současný přístup aplikovaný v České republice neklade takový důraz na kvantitativní hodnocení, jak je tomu v některých jiných členských státech EU, a tak se s ním ve stávajících dokumentech prakticky vůbec nesetkáváme. Přístup, který je v ČR povětšinou aplikován, spočívá v kvalitativním posouzení připomínající spíše „popis současného stavu“ než systematicky provedenou analýzu vycházející z aplikace některé z uznávaných metod. Přitom existuje řada zdrojů dostupných i v českém jazyce, které prezentují vybrané metody a postupy, které mohou zpracovatelé snadno využít (např. [24], [35], [41], [42] aj.).

Pokud jde o základní rozsah této analýzy, již Reason [31] a po něm řada dalších [11], [19] upozornili, že hodnocení spolehlivosti lidského činitele (v našem případě nazývané posouzení vlivu LČ) musí v sobě zahrnovat tyto kroky (dílčí analýzy):

- (1) Analýzu úkolů;
- (2) Identifikaci lidských chyb;
- (3) Kvantifikaci spolehlivosti člověka (tj. určení pravděpodobnost vzniku chyby).

Toto schéma, které nese označení Human Reliability Assessment (HRA), je však pouze filozofií bez pevně definovaných požadavků na jednotlivé kroky, a řada zpracovatelů jej mylně považuje za samostatnou metodu. Materiály IAEA o HRA hovoří jako o „souboru metod nebo technik vhodných pro analýzu lidské spolehlivosti“ [5].

V ČR je podle ustanovení bodu 10 přílohy č. 1 vyhlášky č. 256/2006 Sb. provozovatel povinen předložit „výsledky a postupy posouzení vlivu (spolehlivosti a chybování) lidského činitele na objekt nebo zařízení v souvislosti s relevantními zdroji rizik“, což lze s přihlédnutím na Reasonovo schéma rozdělit do čtyř samostatných dílčích oblastí, které představují v praktickém pojetí specifické problémy:

- (1) Určení relevantních zdrojů rizik, pro které je posouzení vlivu LČ potřeba vypracovat;
- (2) Posouzení spolehlivosti lidského činitele;
- (3) Posouzení chybování lidského činitele včetně kvantitativní analýzy;
- (4) Popis postupů uplatněných při posouzení vlivu LČ.

Při znalosti stávajících postupů aplikovaných v českém prostředí, lze říci, že z výše uvedených bodů představuje v současnosti problém především bod 3, který není v praxi vůbec zohledněn. Z tohoto důvodu byla také navržena strategie řešení této disertační práce a byly definovány konkrétní cíle, které mají umožnit vyvinout nové přístupy a nástroje pro vyřešení tohoto problému.

5.1.2 Koncepce řešení

Řešení jednotlivých úskalí, která se vztahují k nejslabšímu místu při posuzování spolehlivosti LČ (tj. posouzení chybování lidského činitele), se musí opírat o definovanou strategii, která by měla vést k dosažení vyhodnotitelných cílů. Níže jsou oba tyto atributy popsány.

Strategie řešení problému:

Strategie řešení zahrnovala tyto dílčí aktivity:

- Studium odborných literárních zdrojů.
- Návrh přístupu k interpretaci vybraných pojmů a zavedení jednoznačné a vzájemně nezaměnitelné terminologie.
- Návrh metodiky pro posuzování chybování lidského činitele v pracovním systému.
- Návrh postupových schémat.
- Využití softwarové podpory pro ověření navrženého postupu.
- Validace navržené metody.

Cíle řešení:

- Definovat pojem „chybování lidského činitele“ a zpracovat odbornou stat' věnovanou tomuto tématu.
- Definovat požadavky na východiska a klíčové informace pro provádění posouzení chybování lidského činitele. Základní aspekty/otázky jsou:
 - *Může se „to“ stát?* – nalezení odpovědi na tuto otázku představuje určení, zda člověk v pracovním systému může provést požadovanou akci tak, že vznikne odchylka s potenciálně závažnými následky. Je nutné použít sekvenční dekompozici a následnou analýzu úkolů.
 - *Co se může stát?* – nalezení odpovědi na tuto otázku představuje určení relevantních chyb, které může člověk při provádění předepsaných činností vykonat. Je možné použít dedukci vycházející ze znalosti procesu a vztahu akce-reakce na daný podnět, anebo předdefinovaného souboru „obvyklých“ lidských chyb.
 - *Za jakých okolností se „to“ může stát?* – nalezení odpovědi na tuto otázku představuje určení, zda v pracovním systému existuje předpoklad působení určitých vnějších nebo vnitřních faktorů PIF. Je možné použít indukci zaměřenou na faktory prostředí v daném pracovním systému, anebo předdefinovaného souboru „obvyklých“ faktorů ovlivňujících výkon člověka v pracovním systému.
 - *Jak často se „to“ může stát?* – nalezení odpovědi na tuto otázku představuje sestavení databáze podmíněných pravděpodobností, které by kvantitativně uváděly pravděpodobnost, že se daná chyba může při dané činnosti a za daných podmínek vyskytnout (tzv. Human Error Probability – HEP). Pro tento účel bylo nutné prostudovat dostupné věrohodné zdroje a byla vytvořena databáze chyb.
- Definovat základní kroky pro provádění posouzení chybování lidského činitele. Jedná se o následující kroky:
 - Analýza úkolů (TA);

- Identifikace a analýza chyb (HEI);
- Analýza faktorů ovlivňujících výkon a spolehlivost (PIF);
- Odhad pravděpodobnosti vzniku chyb (HEP);

5.1.3 Použité metody

Aby bylo možné dosáhnout výše uvedených cílů, bylo nutné prostudovat vybrané analytické metody (TOR, HTA, PHEA, LOPA-HF, HAZOP, THERP, FMEA, SLIM-MAUD) [2], [3], [6], [7], [9], [15], [20], [28], [39] a za pomoci získaných poznatků navrhnout metodiku uplatnitelnou v provozní praxi, v souladu se zadáním disertační práce.

Na základě podrobnějšího studia byly z výše uvedených metod vybrány tři (HTA, PHEA, LOPA-HF), které poskytují optimální výsledky s ohledem na svou náročnost resp. kvalitu výstupů, a tyto byly využity pro návrh finální metodiky.

5.2 Popis klíčových prvků použitých metod

5.2.1 Koncept metody HTA

Hierarchická analýza úkolů (HTA, tj. Hierarchical Task Analysis) je dnes jednou z nejznámějších analytických metod používaných zejména ve Velké Británii. Byla vyvíjena na University of Hull již od 60. let 20. století v reakci na potřebu rozvinout prvky nutné pro pochopení dovedností potřebných při výkonu komplexních a neopakujících se úkolů operátorů – zejména pak operátorů velínů v závodech hutního, chemického a petrochemického průmyslu a energetiky.

Základní analytické nástroje dostupné do té doby byly odvozovány buď z klasických studií z počátku století (např. Taylor, 1886 nebo Gilbreth, 1911), anebo z taxonomie dovedností založené na psychometrické konstrukci. Pracovní studie poskytovaly soubor základních prvků jako například výběr, pochopení a sběr poznatků popsanych opakujících se manuálních operací, které se ale ukázaly jako nedostatečné či nevhodné pro mentální práci, jakou je například monitorování, kontrolování a

rozhodování. Některé prvky zavedené již Gilbrethem, jako je třeba výběr, již naznačovaly kognitivní proces, ale jeho pokusy nebyly ještě dostatečně seriózní.

Metoda se dále rozvíjela a postupně byla obohacena o prvky systémové teorie a také o Millerovu zpětnovazební smyčku T-O-T-E (Test-Operate-Test-Exit). Současnou podobu metody HTA, která se vyvinula vylepšením přístupů klasických úkolových analýz, navrhli Patrick, Spurgeon a Shepherd (1986) [28]. Název HTA už sám napovídá, že metoda vytváří prostřednictvím dělení analyzovaného úkolu hierarchii. Tato hierarchie zahrnuje (1) cíle, (2) operace a (3) plány.

- CÍLE představují dále již nerozlišitelné úkolové cíle spojené s příslušnými operacemi na určitém zařízení.
- OPERACE jsou rozlišitelné způsoby chování nebo aktivity, které vedou ke splnění stanovených cílů.
- PLÁNY jsou nerozlišitelná rozhodnutí a plánování operátora.

Úkoly a cíle

Úkol je určitým kouskem práce, která má být vykonána. Každý úkol je tudíž popsán svým zadáním, který zahrnuje i stav výsledného cíle. Ten stojí na nejvyšší pozici v rámci HTA hierarchie a je dále rozdělen do dílčích subcílů (subgoals). Subcíle mohou být dále rozděleny do jemnějších položek. Záleží na potřebách analytika, jakou úroveň v rámci hierarchie považuje za přiměřenou. Subcíle na každé úrovni hierarchie musí zcela popisovat nadřazený cíl; a naopak jednotlivé subcíle musí být vyčerpávajícím způsobem popsány dílčími subúkoly.

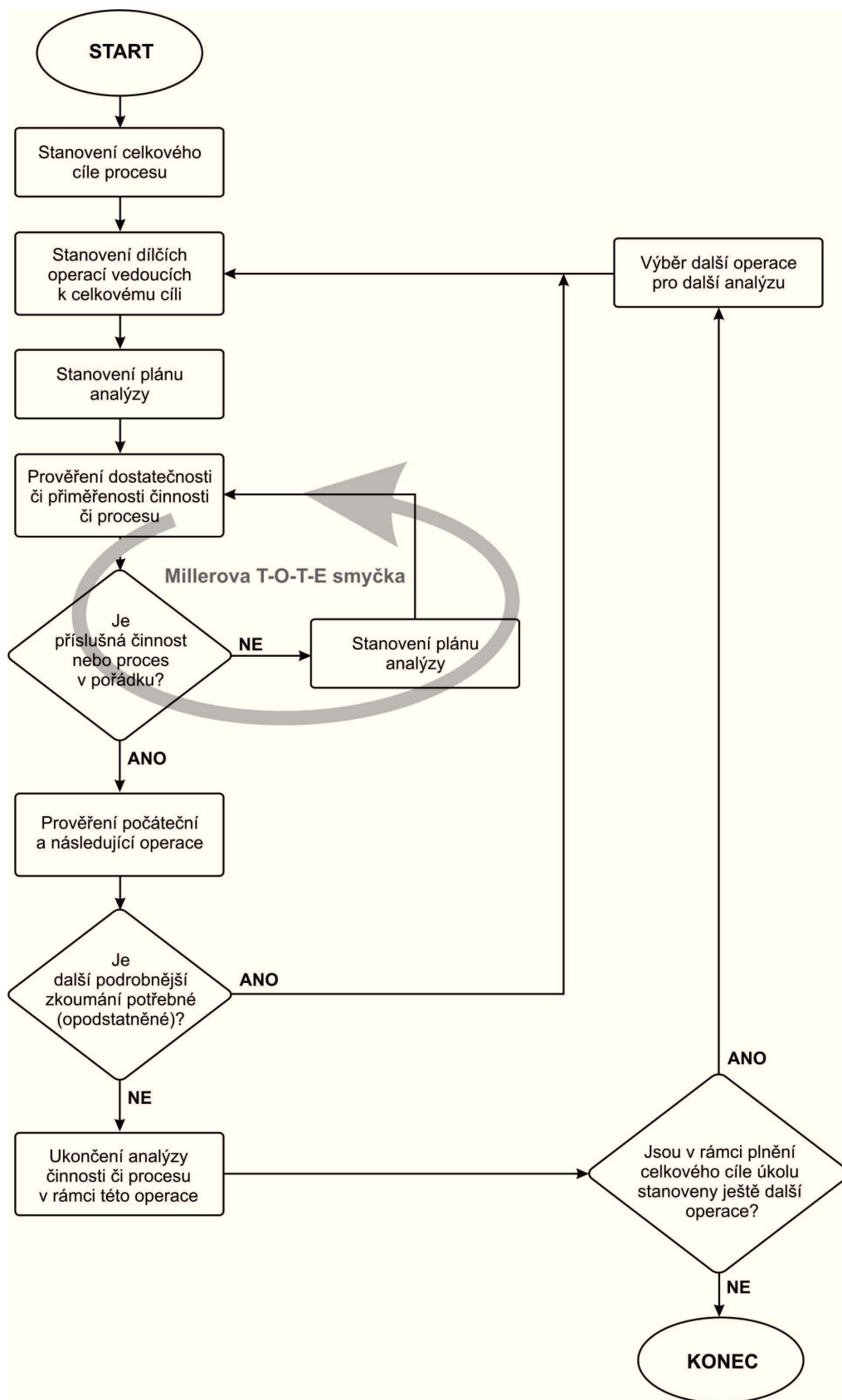
HTA se výrazně odlišuje od jednodušších metod náležejících do skupiny úkolových analýz, nikoli v pořadí aktivit, ale charakteristickými cíly úkolu. Tento přístup poskytuje spíše než behaviorální popis plnou funkční analýzu. V rutinních opakujících se úkolech, se akce mírně mění, avšak prostředí a smysl práce zůstávají konstantní. V komplexu úkolů, mohou být proto stejné cíle dosaženy různými cestami i způsoby, které jsou závislé na specifických okolnostech každé operace. Tuto skutečnost je potřeba při analýzách zohledňovat.

Návrhy

Návrh popisuje cestu, která je tvořena vzájemnou kombinací dílčích úkolů vedoucích k provedení konečného úkolu, tj. dosažení požadovaného cíle. Návrhy jsou proto velmi důležitými elementy celé HTA a jsou vkládány do meziúrovně mezi příslušným úkolem a systémem dílčích úkolů nacházejících se bezprostředně pod ním. Je důležité, avšak nikoli přímo nutné, mít přístup k přesným popisům návrhu a k otázkám. Proto se doporučuje konstruovat návrhy ve spolupráci s ostatními účastníky šetření (designéři, manažery, kontrolory, školitelé, operátoři apod.). Pro úspěch analýzy je důležité si na úvod definovat několik klíčových slov či určitou jasnou terminologii. Výběr několika slov popisujících danou akci je nutno provést dříve, než je těchto slov k popisu všech akcí v analýze použito.

Celkový cíl je specifikován/uveden na vrcholu celé hierarchie; koncové body (tzv. stoppinng points) jsou na nejnižších úrovních hierarchie. Je vhodné nalézt čtyři nebo pět smysluplných subcílů, které dohromady vytvářejí, resp. vedou, k celkovému cíli.

Analýza probíhá sestupným směrem a to tak dlouho, dokud není dosaženo koncových bodů na nejnižších úrovních. Pro určení úrovně těchto koncových bodů je možno využít např. $P \times C$ kritérium, kde P vyjadřuje pravděpodobnost poruchy/selhání při výkonu příslušného úkolu a C vyjadřuje následky tohoto selhání. Pro využití striktního kritériálního přístupu potřebujeme samozřejmě mít předurčenu výši tohoto součinu jako hranici určující, kam až bude HTA zasahovat. Obvykle se však nevyžaduje formální striktní kalkulace, ale spíše se využívá přístupu spočívajícího na posouzení skupiny analytiků (odborný odhad), který má větší vypovídací hodnotu.



Obrázek 17: Postupové schéma metody HTA.

Operace

Uzlový bod na každé úrovni, kde se větví jednotlivé dílčí cíle na nižší subcíle, představuje určitou „operaci“. Všechno, co je nad touto úrovní, specifikuje cíle, kdežto „operace“ říkájí, co a jak má být uděláno, aby bylo těchto cílů dosaženo. Operace, které jsou základními jednotkami analýzy, představují sled akcí, které provádí obsluha analyzovaného zařízení či operátor. Akcí, které operace zahrnují, a které vedou k dosažení stanoveného cíle, může být několik, anebo i jen jedna jediná.

Operace jsou blíže specifikovány okolnostmi, či podmínkami, které vypovídají o celém jejich průběhu a charakteru. Jedná se o informace o aktivátorech operací (input), o dílčích aktivitách (action) a o indikátorech, které potvrzují, zda a jak došlo k dosažení cíle (feedback). Někdy je sled těchto tří prvků nazýván I-A-F jednotkou (Vstup-Akce-Zpětná vazba). Akce, která tvoří výkonovou část operace, může být chápána jako příkaz (nebo instrukce) k vykonání určitého úkonu podle předepsaných postupů. Vztaheno ke klasickému Millerovu přístupu pak vstup (input) a zpětná vazba (feedback) naproti tomu vypovídají o aktuálním stavu systému. Operace jsou součástí Millerových T-O-T-E jednotek.

Plány

Jakmile jsou všechny subcíle plně popsány, měly by být navrženy „plány“. Plány představují „lepidlo“, které spojuje jednotlivé dílčí kroky v kontinuální proces. Plán také poskytuje informace o tom, jak jsou cíle dosahovány, a jak jsou závislé na aktuálních vnějších podmínkách. Obyčejný jednoduchý plán může například znít takto: *Udělej „akci 1“ poté „akci 2“ a poté „akci 3.“*

Jakmile je tento plán ukončen, analytik se vrátí na vyšší (nadřazenou) úroveň a analyzuje další subcíl na téže úrovni v rámci definované hierarchie. Plány mohou být různé. Nejčastěji postupují jednoduše – lineárně – a vyjadřují sled následných kroků bez možnosti variability či větvení. Složitější plány se pak větví, přičemž způsob tohoto větvení je určen podmíněnými okolnostmi. Pro provedení skutečně hloubkové HTA analýzy se doporučuje především druhý z uvedených modelů. Větvení se řídí podle pravidel, jež zahrnují využívání Booleovy logiky, tj. při větvení jsou využívány příslušné

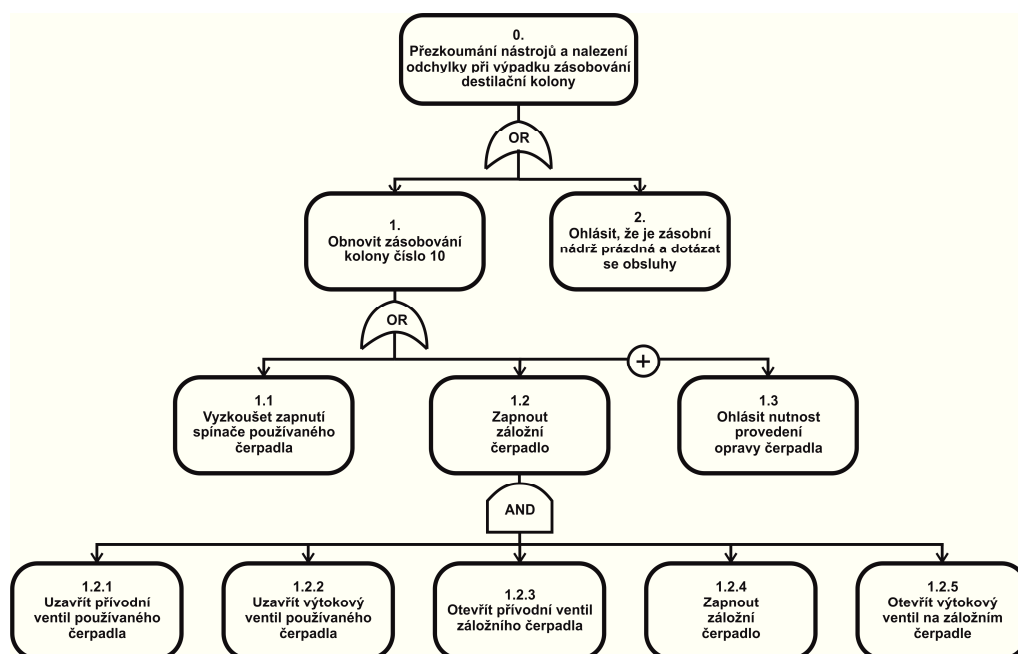
Booleovy operátory. Původně zmíněný plán by tedy mohl vypadat následovně: *Udělej „akci 1“ NEBO (OR) „akci 2“ A (AND) „akci 3“.*

Celkové schéma postupu analýzy je znázorněno na obrázku 17.

Úkolový diagram

Jak již bylo hovořeno výše, čtvrtý krok postupu aplikace metody spočívá v navržení úkolového diagramu. Diagram má přehledným způsobem co možná nejdetailněji popisovat všechny úkoly a subúkoly, jejichž správným vykonáním splníme stanovený cíl.

Konstrukce diagramu je jednoduchá, avšak vyžaduje dokonalou znalost všech úkolů a subúkolů a jejich pořadí a hierarchii. Zakreslení jejich vzájemných vazeb není bezprostředně nutné – pozornost je jim věnována až v tabulkovém výstupu, který je doplněn o další rozšiřující informace. Zejména u složitějších diagramů může použití hradel konstrukci spíše komplikovat. Vždy se doporučuje diagram konstruovat v týmu za přispění znalostí obsluhy, která tento (analyzovaný) úkol rutinně vykonává. Příklad jednoduchého diagramu pro cíl „Přezkoumání nástrojů a nalezení odchylky při výpadku zásobování destilační kolony“ je uveden na obrázku 18.



Obrázek 18: Ukázka jednoduchého úkolového diagramu dle metody HTA.

5.2.2 Koncept metody PHEA

Analýza odhadu chybování lidského činitele (PHEA, tj. Predictive Human Error Analysis) je v principu jednoduchá metoda, která se využívá pro modelování typů chyb, které mohou nastat v systému člověk-stroj [89]. Díky využití principů kognitivní psychologie je v rámci této analýzy také zvažováno, jak mohou být uvažované chyby eliminovány ještě před tím, než se projeví jejich negativní následky [12]. Vstupy pro analýzu tvoří informace o struktuře úkolů a plánů, která je obvykle získávána z HTA, a dále hodnocení vlivu faktorů ovlivňujících výkon člověka [44], které je možné odhadnout, anebo určit za využití existujících databází PSF (např. z metody THERP, CREAM apod.).

Pro vlastní analýzu chyb je využívána předem stanovená taxonomie, v níž jsou chyby klasifikovány do 6 chybových módů: (1) chyby činnosti, (2) chyby kontroly, (3) chyby získávání informací, (4) chyby přenosu informací, (5) chyby výběru a (6) chyby plánování. Analytikem jsou pro každý subúkol pak z této taxonomie vybírány věrohodné typy chyb [38] anebo jsou chyby odvozeny logickou dedukcí na základě využití poznatků o způsobu provádění daného subúkolu a o jeho podmínkách. Každou potencionální chybu je následně možné kvantifikovat za pomoci HEP, pakliže jsou příslušná data k dispozici.

Výstupem z analýzy PHEA je jednoduchá tabulka (viz tabulka 5), která obsahuje:

- Popis konkrétního subúkolu;
- Typ možné chyby;
- Popis chyby;
- Možnosti nápravy;
- Možné následky.

Použitím této tabulky mohou být snadno porovnány konkrétní aktivity nebo skupina aktivit (například, která z nich je více nebezpečná), případně může být stanovena jejich priorita.

Tabulka 5: Ukázka výstupu metody PHEA pro analyzovaný subúkol „přijetí a zpracování informace k čerpání LPG“.

Popis subúkolu	Odhadované chyby	Dotčené faktory PSF	Následky	Nápravná opatření
1.1. Přijmout datovou kartu, dokumenty a ostatní instrukce k čerpání.	R2 Byla získána špatná informace. T2 Byla předána špatná informace.	Vysoké stupně hluku. Neshody. Neznalost instrukcí. Získávání z paměti než z užívaných pracovních instrukcí.	Rozpouštědlo je čerpáno do špatného ventilu – kontaminace dávky.	Redukovat úroveň hluku. Změnit úkoly operátora za účelem snížení jeho přetížení. Začlenění používání procedur do schématu výcviku.
1.2 Zapsat informace do záznamové knihy.	T1 Informace nebyla předána dále. T2 Byla předána špatná informace.	Nedostatek času. Nedostatečné uvědomování si důležitosti. Neshody.	Laboratoře nemusí mít potřebné podklady pro provedení testů.	Zajistit, aby operátoři trávili více času v laboratořích, tak aby pochopili důsledky špatně vyplněné záznamové karty nebo na záznamové knihy.
1.3 Nahrát informace na elektronickou kartu.	T1 Informace nebyla předána dále. T2 Byla předána špatná informace.			

5.2.3 Koncept metody LOPA-HF

Analýza ochranných vrstev pro hodnocení spolehlivosti lidského činitele (LOPA-HF, tj. Layers of Protection Analysis for Human Factors) je nový přístup zaměřený na lidského činitele v procesním průmyslu. Vychází z klasické analýzy ochranných vrstev LOPA, ale zaměřuje se na LČ, kterým jsou ovlivněny různé prvky nebezpečných scénářů.

Jak už název napovídá, metoda definuje tzv. nezávislé ochranné vrstvy (IPL – Independent Protection Layers) jako části systému, které jsou nezávislé na ostatních selháních zahrnutých v uvažovaném scénáři. LOPA-HF pracuje s několika kategoriemi pro četnost iniciační události, pravděpodobnosti selhání IPL a závažnosti následků. Četnost scénáře je vždy určena kombinací četnosti iniciační události, pravděpodobnosti selhání IPL a pravděpodobnosti umožňující vznik události, tj. výskyt daných podmínek. LOPA je postavena na podobném principu jako metoda PHA a proto může využívat také její výsledky.

Cílem analýzy metodou LOPA-HF je podat popis scénáře možné události zahrnující: (1) iniciační událost (IE), (2) popis zavedených ochranných vrstev (IPL) obsahující relevantní lidskou chybu, zavedená ochranná opatření a doporučení ke zlepšení, (3) informace o umožňující události/podmínkách (EE/EC) a (4) popis následků selhání LČ v rámci celého pracovního systému. Schéma postupu analýzy je znázorněno na obrázku 19.

Klíčovým krokem je posouzení ochranných vrstev (tj. opatření) vzhledem k charakteru uvažované iniciační události. K tomu se využívá seznam otázek, která se v podstatě snaží zmapovat míru vlivu faktorů ovlivňujících výkon člověka (byť s PSF metoda přímo nepracuje). V rámci tohoto kroku je třeba zvážit, zda jsou potřebná další ochranná opatření, či nikoli. Rozhodnutí může být učiněno použitím standardní metody LOPA nebo srovnání odhadovaného rizika havarijního scénáře s kritérii přijatelné bezpečnosti (např. pomocí prvků funkční bezpečnosti SIL (Safety Integrity Level) dle normy ČSN IEC 61511). Ve výsledku může být navržena další ochranná vrstva či bariéra, která sníží četnost vzniku iniciační události (SIL se sníží).

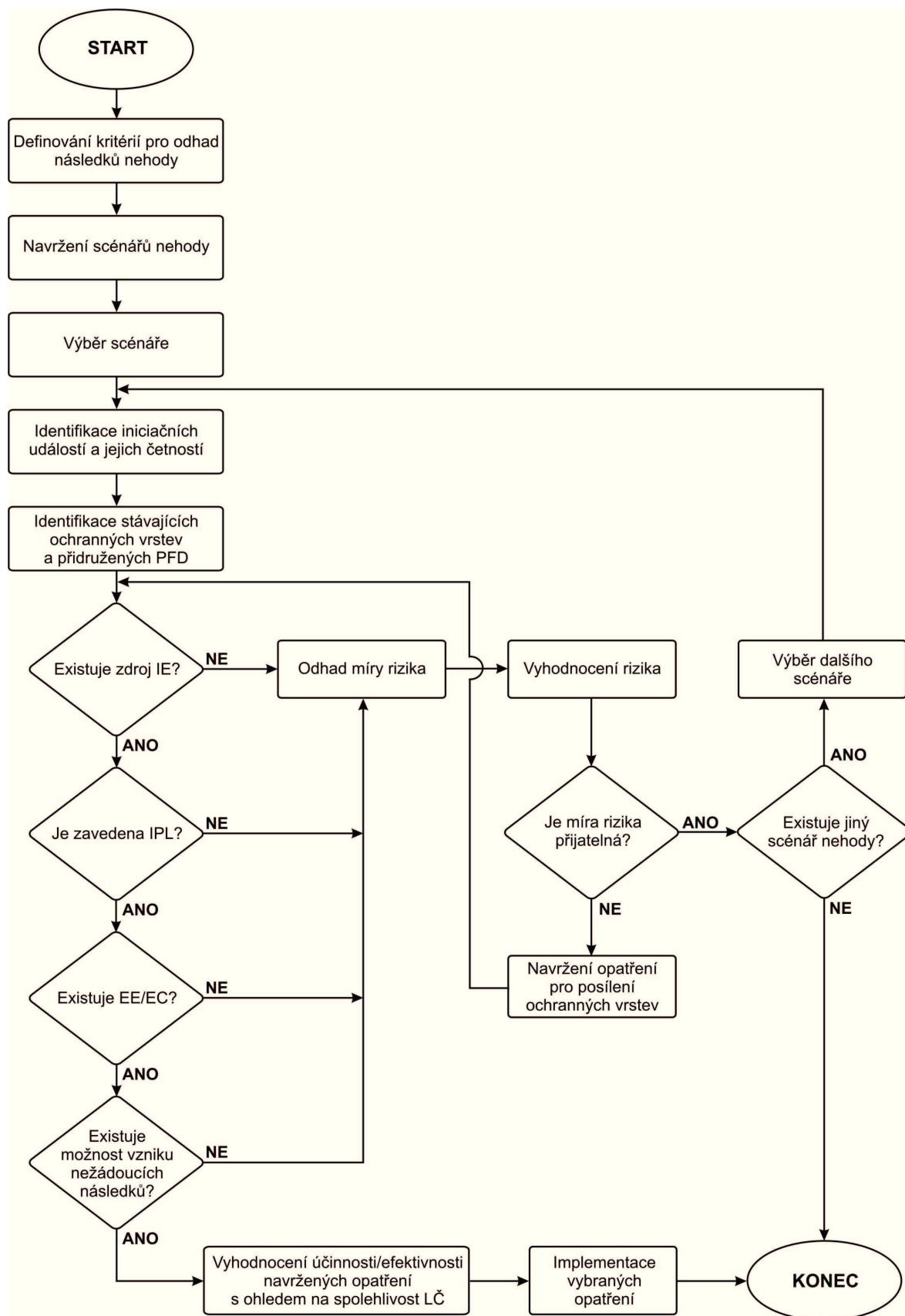
Stejná analýza je opakována pro IPL, umožňující události/podmínky a následky scénáře a je provedena pro všechny vybrané scénáře. Ačkoliv v LOPA-HF je na umožňující události/podmínky nahlíženo podobným způsobem jako na iniciační události a IPL, je potřeba udělat navíc první krok k identifikaci použitelných umožňujících událostí/podmínek. To je určitá odlišnost oproti metodě PHA, protože ta je nebere v potaz. To se provádí za použití seznamu otázek, které by měly být navrženy tak, aby byly použitelné pro různé druhy selhání LČ. Jakmile jsou identifikovány nepříznivé vlivy na výkon LČ, je zapotřebí zjistit jak moc přispějí nápravné akce ke snížení pravděpodobnosti scénáře. Jejich efekt je kombinací snížení pravděpodobnosti iniciačních událostí, meziudálostí, umožňujících událostí/podmínek a následků. Dopad jednotlivých opatření lze odhadnout stejně jako dopad IPL na SIL pomocí zlepšení v designu, tak jak tomu je u standardní LOPA.

LOPA-HF umožňuje provádět také odhad pravděpodobnosti lidského selhání pomocí kvalitativně popsané veličiny HPF (Human Probability Failure). Tato veličina obsahuje ale nejen špatně provedené akce jako je tomu u HEP, ale také nepovedené akce, tj. akce, které se neuskutečnily, neboť byly včas odhaleny potenciálně nežádoucí důsledky. HPF jsou analogií na pravděpodobnosti selhání na vyžádání (PFD) používané u IPL

v standardní analýze LOPA či funkční bezpečnosti dle normy ČSN IEC 61511. Míra HPF se vyjadřuje pomocí kreditů, které jsou přiřazeny každému zlepšení podle jeho efektivnosti. Když jsou kredity sečteny, tak každých 10 kreditů představuje důležité snížení pravděpodobnosti scénáře. V [88] je uvedeno, že snížení pravděpodobnosti vzniku nehody o 10^{-1} dosáhneme aplikací zlepšení celkově za 10 kreditů, takto je tomu u standardní analýzy LOPA.

Při sčítání se pro zjednodušení nehledí, zda se jedná o PFD nebo HPF. Tento systém usnadňuje rozhodování mezi alternativami, jelikož je jasně stanoven relativní příspěvek zlepšení ke snížení rizika. Cílové úrovně rizika může být dosaženo sečtením dostatečných kreditů. Analytik se může rozhodnout, kterou kombinaci zvolí.

Tento přístup dělá z metody LOPA-HF poměrně účinný nástroj nabízející variabilitu využití sebraných dat. Hodí se proto pro bezpečnostní inženýry, kteří musejí ve svých závěrech uvažovat možné varianty řešení s ohledem na podmínky a možnosti. Pro klasickou analýzu lidského činitele dle požadavků zákona č. 59/2006 Sb. se však nehodí, protože může snadno svádět k zavádění nejméně účinných opatření, která jsou však jednoduchá a levná. Druhou nevýhodou je nemožnost srovnání s jinou „tvrdou“ metodou.



Obrázek 19: Vývojový diagram LOPA-HF [3].

5.3 Návrh integrované metodiky HTA-PHEA

5.3.1 Popis použitého přístupu

Modelování typů chyb, které mohou nastat v systému člověk-stroj, je pravděpodobně nejdůležitějším aspektem hodnocení a redukce podílu LČ na riziku vzniku nehody. V rámci tohoto procesu je také zvažováno, jak mohou být tyto odhadnuté chyby eliminovány ještě před tím, než se projeví jejich negativní následky. Tento přístup je založen na kognitivní psychologii [12]. Vstupy pro analýzu tvoří informace o struktuře úkolů a plánů, která je získávána z HTA, a dále hodnocení faktorů prostředí, které mohou spolehlivost lidského činitele ovlivňovat (v tomto případě bylo použito označení PIF) [9]. Tyto údaje lze deduktivně získat částečně z HTA, částečně je nutné provést další sběr potřebných informací.

Princip analýzy chyb je založen na tom, že k jakémukoliv subúkolu jsou identifikovány relevantní lidské chyby, k čemuž slouží předem stanovená taxonomie, v níž jsou chyby klasifikovány do 6 chybových módů dle metody PHEA (chyby činnosti, chyby kontroly, chyby získávání informací, chyby přenosu informací, chyby výběru, chyby plánování). Analytikem jsou pro každý subúkol pak z této taxonomie vybírány věrohodné typy chyb [38] a z nich pak dále konkrétní relevantní chyby, tj. chyby, jejichž vznik lze s ohledem na reálný stav pracovního systému očekávat. Jelikož integrovaná metodika HTA-PHEA (na rozdíl od vlastní metody PHEA), obsahuje předdefinovanou databázi chyb, je možné za jejího využití postupovat při analýze systematicky, což umožňuje identifikovat i takové chyby, které by bez použití této databáze nebyly vzaty v úvahu.

Pro každou potencionální chybu jsou následně vyhodnoceny její možné následky a pravděpodobnost jejího vzniku (pomocí hodnoty HEP), případně je možné provést korekci HEP dle stávající úrovně bezpečnosti provozu. To dává metodice nový rozměr, neboť do jednotného konceptu zavádí de facto filozofii hodnocení účinnosti ochranných vrstev a bariér tak, jak je uvedena v metodě LOPA-HF. Možnost variabilního hodnocení HEP tak představuje tři možnosti výběru, kdy ke standardním hodnotám HEP převzatých z odborné literatury (v ČR totiž neexistuje žádná dostupná databáze havárií, ze kterých by se daly empiricky odvodit) byly navrženy vždy dvě odlehle hodnoty vyjadřující limity rozptylu hodnot HEP v závislosti na místních podmínkách. Hodnoty byly navrženy diskrétně, takže

analytik si může vybrat pouze ze tří úrovní (M – medium/střední pravděpodobnost; L – low/snížená pravděpodobnost; H – high/zvýšená pravděpodobnost).

Do hodnocení vstupuje také analýza vlivu faktorů ovlivňujících výkon a spolehlivost lidského činitele (PIF), která však není funkčně provázána s určením numerické hodnoty HEP, ale podává pouze kvalitativní informaci o možném uplatnění konkrétních PIF na spolehlivost člověka v analyzovaném pracovním systému. Tato část analýzy ve většině doposud používaných metod zcela chybí, anebo se zužuje pouze na slovní popis pracovních podmínek na posuzovaném pracovišti. I v tomto případě byla metodika rozšířena nejen o možnost zahrnutí vlivu PIF na celkovou úroveň spolehlivosti LČ, ale především o vyjádření jejich pozitivního či negativního vlivu prostřednictvím třibodové relativní škály (blíže viz kapitola 5.3.5).

Podle subjektivního úsudku analytika jsou v závěru analýzy navrhována nápravná opatření, popřípadě opatření k eliminaci či redukci rizika.

Vlastní analýza je rozdělena do 8 základních systémových kroků:

- (1) Definování problému
- (2) Analýza úkolu
- (3) Výběr rizikových subúkolů
- (4) Identifikace chyb LČ a jejich analýza
- (5) Odhad pravděpodobnosti chyb (HEP)
- (6) Analýza následků
- (7) Analýza PIF
- (8) Návrh opatření pro redukci chyb

Postupové schéma integrované metodiky HTA-PHEA je znázorněno na obrázku 20.

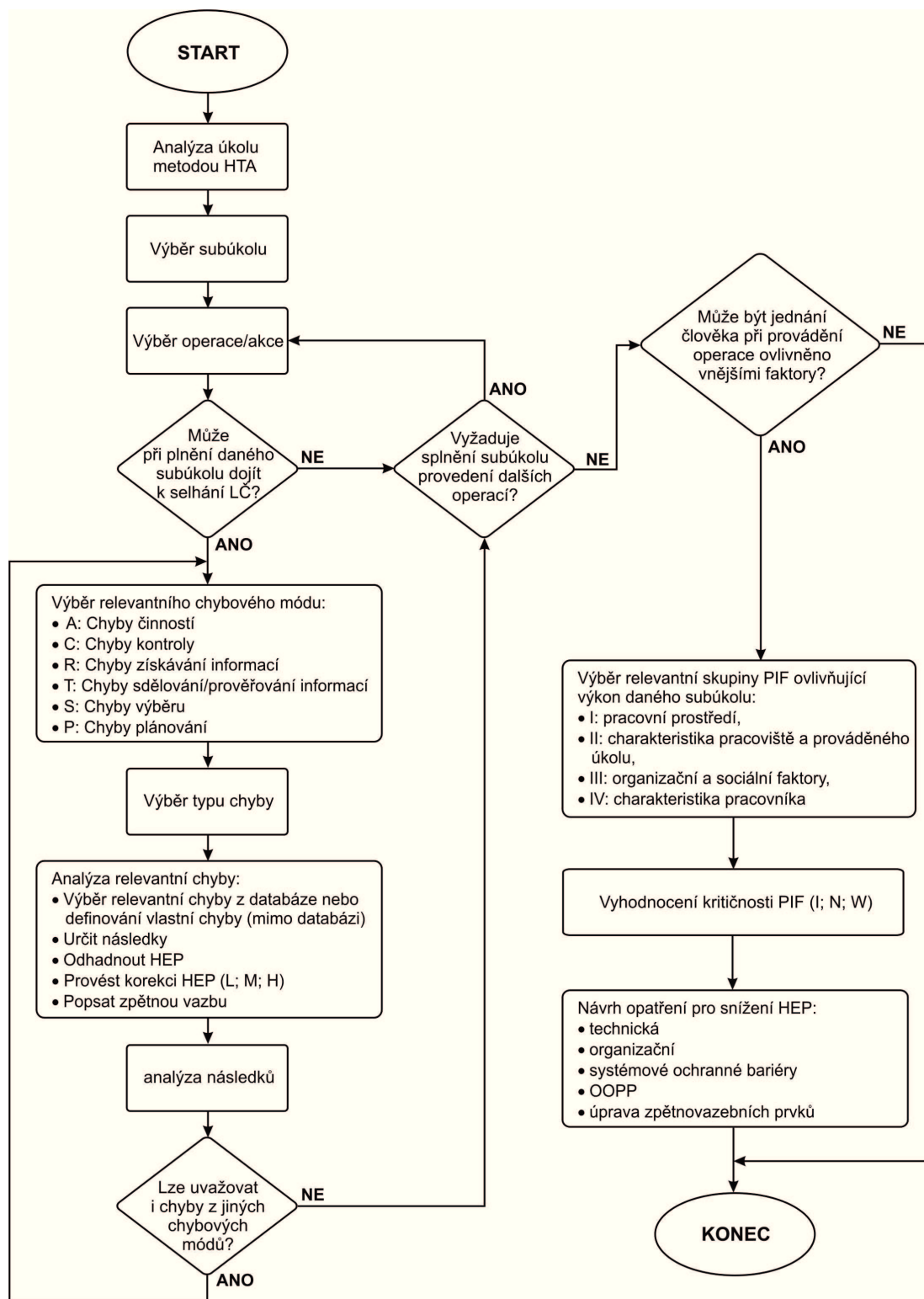
5.3.2 Definování problému

V první fázi aplikace metodiky HTA-PHEA je potřeba, aby byly identifikovány aspekty činností, kde interakce mezi člověkem a strojem (zařízením, hardwarem, ovládacím systémem apod.) mají významný dopad na bezpečnost provozu daného systému a jeho potencionální selhání. V tomto směru je proto nutné uvažovat i chyby, které se při této interakci mohou vyskytnout, neboť ty nám determinují i možnosti nápravy či definování preventivních opatření.

Existuje 5 typů chyb mezi člověkem a strojem, které by měly být zváženy:

- Chyby při údržbě/testování systému, kterými je ovlivněna provozuschopnost systému;
- Chyby obsluhy způsobující nehodu;
- Činnosti obnovení, kdy může být zásahem obsluhy průběh nehody ukončen;
- Chyby obsluhy, kterými může být nehoda prodloužena nebo zhoršena;
- Činnosti obsluhy, kterými může být neprovozuschopný systém znovu uveden do provozu.

Ve fázi definice problému by měly být identifikovány ty oblasti, kde je potenciál pro aktivní či latentní (skryté) selhání a měly by být objasněny cíle systému a zvážena role lidských chyb ve vztahu k systému [95].



Obrázek 20: Průběhový diagram pro aplikaci integrované metodiky HTA-PHEA¹⁷.

¹⁷ Pro zjednodušení není ve schématu zakomponována část analýzy úkolu podle metody HTA, která je samostatně uvedena na obrázku 18.

5.3.3 Identifikace chyb

Identifikace chyb lidského činitele má stejný význam jako kvantifikace. Pokud není provedena identifikace relevantních chyb člověka, je celkem irelevantní provádět kvantifikaci (tzn. není co kvantifikovat). Základním kritériem s ohledem na kritické nebo závažné chyby každého nástroje pro identifikaci chyb je úplnost. Druhým kritériem je schopnost přispívat ke snížení chyb a přiměřená dokumentace analýzy pro další použití a s ohledem na možnost následného ověřování výsledků. Pro správnou identifikaci chyb je tak nutné dodržet tři základní kritéria [43]:

- Musí být zajištěna úplnost identifikace chyb a tím správnost modelování.
- Musí být zajištěno přesné porozumění možnému selhání člověka v případě, že je požadován pokles počtu chyb.
- Musí být zabezpečeno, aby odhad zůstal použitelný v průběhu celé existence systému.

Výše uvedená predikce chyb musí nutně vycházet z rozboru aktivity člověka v pracovním systému a rozhodnutí o typu chyby, jež se může objevit v jednotlivých fázích jeho činnosti: při smyslovém vnímání (smysly), při percepci (kognitivní procesy) a při fyzickém projevu (pohyby). Obecně je lze označit jako vstup, jeho zpracování a výstup (viz tabulka 6). Je to tedy (1) percepce, tj. uvědomění si podnětu (zrakového, sluchového), jehož intenzita musí být vždy nad prahovou hodnotou vnímání, aby byl uvědoměn; (2) identifikace až rozhodnutí, co je fáze vyžadující aktivaci různých psychických procesů a která předpokládá specifické znalosti a dovednosti; (3) motorická aktivita [87].

Tabulka 6: Psychologický koncept predikce/identifikace chyb LČ podle Matouška [87].

Fáze	Aktivita člověka	Projevy
VSTUP	PERCEPCE	Zrakový či sluchový podnět
ZPRACOVÁNÍ VSTUPU	IDENTIFIKACE DISKRIMINACE INTERPRETACE DIAGNÓZA ROZHODNUTÍ	Přiřazení významu podnětu (dekódování) Určení příčiny odchylky Vytvoření kognitivního modelu Výběr alternativy odstranění odchylky (mentální činnost)
VÝSTUP	AKCE	Manipulace s ovládači Příkazy (pokyny a komunikační činnost)

5.3.4 Kvantitativní analýza chybování

Cílem této části analýzy je ohodnocení pravděpodobnosti výskytu relevantních lidských chyb, které mohou při prováděných činnostech nastat. Tato fáze analýzy PHEA není vůbec jednoduchá a je nutné zdůraznit, že ačkoli vede k získání konkrétních numerických hodnot pravděpodobnosti, že danou chybu pracovník udělá, je tato hodnota zatížena velkou nejistotou. Databáze HEP, kterou využívá integrovaná metodika HTA-PHEA, byla totiž vytvořena sběrem dat z různých odborných zdrojů, které však uvádějí generická či statistická data z různých typů odvětví procesního průmyslu a získaných za různých časových období.

Jedná se tak o určité střední hodnoty, které je však nutné pro analýzu v konkrétním pracovním systému korigovat podle místních podmínek, například na základě existence ochranných bariér, podle úrovně materiálně-technického zabezpečení, personálního zajištění, kvality výcviku obsluhy, kontrolní činnosti apod. Důležitou roli v této korekci hraje také možnost, že dojde k nápravě provedené chyby ještě před tím, než se projeví její nežádoucí následky (např. chyba je zaznamenána samotnou obsluhou nebo jiným pracovníkem, případně hardwarem). Oproti statisticky „průměrné“ pravděpodobnosti vzniku dané chyby (HEP), která je střední hodnotou získanou z různých odborných zdrojů, tak je možné, že bude tato uvažovaná pravděpodobnost vzniku chyby vyšší, nebo naopak nižší. Tato korekce se provádí výběrem z jednotlivých kategorií závažností, které byly navrženy z konceptu metody LOPA-HF (viz kapitola 5.2.3) následovně:

- Nízká (low – L) – vznik dané chyby se při současné úrovni zabezpečení téměř nepředpokládá;
- Střední (medium – M) – daná chyba byla již v minulosti zaznamenána, ale současná úroveň zabezpečení dosti limituje její opakování;
- Vysoká (high – H) – daná chyba se již vyskytla několikrát (a to u různých členů pracovního kolektivu), popř. opakovaně u téhož zaměstnance, a při současné úrovni zabezpečení systému se s jejím výskytem musí počítat.

Hodnoty HEP na úrovni M odpovídají středním hodnotám získaným z odborné literatury [19], [71], [73], [92], [93]; hodnoty pro úroveň L a H pak byly pečlivě odvozeny

za pomoci expertních odhadů a jsou uvedeny v Příloze 3 (při jejich odhadu nebyla provedena korekce numerickým přepočtem za použití jednotného koeficientu).

5.3.5 Analýza vlivu PIF faktorů

Jelikož je jednání člověka a tedy i jeho sklon k chybám výrazně ovlivňováno působením vnějších faktorů, je nutné do analýzy chybování lidského činitele zakomponovat i zhodnocení jejich vlivu na člověka. Jedná se především o posouzení vlivu organizace práce, diferenciací úkolů, interakci člověk-stroj, člověk-prostředí a také interakci mezi lidmi samými, tj. interakci člověk-člověk uvnitř pracovního systému (sociální faktory). Souhrnně jsou všechny tyto faktory nazývány faktory ovlivňujících výkon a spolehlivost (PIF).

Má-li být prostřednictvím PIF provedena charakterizace úrovně pracovního systému, je zapotřebí zavést jednotný systém hodnocení jejich významnosti [36]. V praxi to znamená provedení jejich relativního ocenění. Jelikož informace o PIF a jejich vlivu na spolehlivost lidského operátora je pro analýzu LČ významná, je jejich stručné hodnocení zařazeno do druhé části metodiky (Analýza PHEA), zejména pak v souvislosti s prováděním odhadu pravděpodobnosti výskytu chyb. Je velmi složité vyjádřit hodnotu pravděpodobnosti vzniku lidské chyby, nicméně je realizovatelné identifikovat, kterými PIF může být vznik určitého typu chyb ovlivněn nejvýrazněji [91].

Databáze PIF, tak jak je uvádí řada odborných prací, je uvedena v Příloze 4, kde jsou PIF rozděleny do 4 hlavních skupin označených římskými číslicemi:

- (I): pracovní prostředí,
- (II): charakteristika pracoviště a prováděného úkolu,
- (III): organizační a sociální faktory a
- (IV): charakteristika pracovníka.

Jak již bylo zmíněno výše, v analýze se uvažují také příčinné vztahy a vlivy, které determinují velikost potenciálu vzniku dané chyby. Jelikož ale stejné vlivy mohou v různých pracovních systémech či za různých situacích vést k různě závažným následkům, je nutné tyto faktory pečlivě zhodnotit a ocenit jejich reálný vliv na bezpečnost provozu.

V tomto ohledu se jedná o to, zda je pravděpodobnost výskytu nebezpečných situací vyvolaných „akutním“ i „chronickým“ působením jednotlivých PIF v analyzovaném systému zvýšená, nebo snížena. Pro tento účel byla do modifikované metody zařazena také kvalitativní proměnná nazývaná „kritičnost PIF“. Ta má tři úrovně, které hodnotí, zda může být spolehlivost LČ:

- zvýšena – pak se jedná o kategorii I (Improve – zlepšit);
- neovlivněna – pak se jedná o kategorii N (Normal – normální stav);
- snížena – pak se jedná o kategorii W (Worse – zhoršit).

Jelikož se však jedná pouze o kvalitativní hodnocení, nemá tato skutečnost vliv na hodnotu HEP uvažovaných chyb LČ. Ve výstupu z analýzy PHEA tato skutečnost ale podává informaci o tom, zda je při návrhu preventivních opatření nutné brát v úvahu i vliv konkrétních PIF, jejichž kvalitu je v daném pracovním systému nutné upravit (v případě, že jejich vliv je negativní a je nutné je kvalitativně zlepšit, aby nebyl pracovník negativně ovlivňován – např. teplotu na pracovišti je nutné upravit na optimální hodnotu, aby pracoval při teplotním komfortu), anebo naopak udržet na stávající úrovni (v případě, že jejich vliv je pozitivní a napomáhá udržovat vysokou spolehlivost výkonu daného pracovníka – např. je nutné zachovat stávající organizaci práce, která zaručuje dostatečnou úroveň průběžné kontroly atd.).

5.3.6 Návrh opatření pro redukci chyb

Poslední fází analýzy PHEA je vytvoření možných strategií na redukci chyb, případně jejich předcházení. Může zde být také použito metod pro zvýšení pravděpodobnosti nápravy/zotavení [89]. V této fázi je velice důležité správně identifikovat ty PIF, které mají na vznik příslušných chyb největší vliv, protože tato skutečnost může významnou měrou determinovat navržená opatření a jejich efektivitu. V praxi je proto nutné provést brainstorming s dotčenými pracovníky, jehož cílem by mělo být nalezení mechanismu, kterým může být účelně zabráněn vznik lidské chyby, respektive minimalizovány její následky. Redukční strategie je většinou připojena do jedné z následujících tří oblastí:

- Design, kde se navrhne nový systém, anebo je modifikován systém stávající;
- Trénink, kde je obsluha daného stroje vycvičena;
- Postupy, kdy jsou obsluze poskytnuty postupy, jak správně činnost provádět.

Po získání všech potřebných informací a jejich zpracováním do jednotného výstupu vlastní analýza končí. Při použití softwarové aplikace je následně vygenerována tisková sestava v podobě úkolového diagramu doplněného o tabulkový výstup (viz Příloha 2).

5.4 Praktické použití integrované metodiky HTA-PHEA

5.4.1 Případová studie a způsob aplikace použitého software

Součástí této disertační práce je zpracovaná případová studie, která v plné šíři navržené metodiky analyzuje úkol „STÁČENÍ ISOBUTANU Z AUTOMOBILOVÉ CISTERNY“. Tento úkol byl vybrán proto, že se jedná o činnost, která se provádí v mnoha podnicích, a díky své principiální jednoduchosti lze na něm dobře demonstrovat reálnou aplikaci metodiky HTA-PHEA za využití softwarové aplikace Analýza HTA-PHEA 1.1. Dlužno podotknout, že ačkoli byl do aplikace uveden smyšlený podnik, analýza samotná byla provedena v reálných podmínkách vybraného českého chemického závodu.

Isobutan je zde skladován ve dvou nadzemních nádržích o objemu $4,8 \text{ m}^3$ a 9 m^3 ve zkapalněné formě. Nádrže jsou obestavěny (ve směru k sousedním objektům) požárně stínící betonovou konstrukcí. Stáčecí stanoviště je situováno na asfaltové komunikaci u skladu isobutanu a je používáno cca jednou za tři týdny pro stáčení isobutanu do nadzemních nádrží z autocisterny. Dodavatel isobutanu zajišťuje také jeho přepravu. Pohled na stáčecí místo a na připojovací místo je zobrazen na obrázcích 21 až 23.

Zásobníky jsou dvě válcové tlakové ocelové nádoby s vodorovnou osou situované za sebou ve směru hlavní osy a umístěné na dvou patkách. Nádrže mají tyto konstrukční parametry:

- Průměr (vnější): 1250 mm (obě nádrže)
- Objem: 2,0 a $5,0 \text{ m}^3$

- Maximální plnění: 85 % vnitřního objemu
- Hmotnost prázdné nádoby: 550 (900) kg
- Max. pracovní přetlak: 1,56 MPa
- Výpočtový přetlak: 1,56 MPa
- Zkušební přetlak hydraulický: 2,8 MPa (zkušební médium voda, 5 až 40°C)
- Nejvyšší dovolená pracovní teplota stěny: + 40 °C
- Nejnižší dovolená pracovní teplota stěny: - 20 °C
- Vnější nátěr: bílý ochranný nátěr
- Plnicí ventil: typ GOK 54010, 5/4“ NPT, PN 25
- Vypouštěcí ventil kapalně fáze: typ GOK typ 55 160-17, 3/4“ NPT, PN 25
- Kombinovaná armatura s tlakoměrem pro odběr plynu: typ GOK 55213-17, 3/4“ NPT, PN 25
- Pojistný ventil: DN 24, PN 25I, typ pružinový, otevírací přetlak 1,56 MPa
- Ukazatel stavu náplně: typ Rochester Gauges 6281-144
- Přípojně potrubí: DN 40

Pro účely analýzy byl vrcholový cíl úkolu dekomponován do celkem 6 subúkolů 1. úrovně zahrnující hlavní dílčí subcíle: (1) Příprava na doplnění isobutanu do zásobníků, (2) Příprava příjezdu AC na stáčecí místo, (3) Přistavení AC na stáčecí místo, (4) Přečerpávání isobutanu z AC do zásobníků, (5) Ukončení přečerpávání a (6) Odjezd AC. Tyto subcíle byly dále dekomponovány do celkem 26 subúkolů na 2. úrovni, resp. 29 subúkolů na 3. a 4. úrovni úkolového schématu. Tím byl úkol popsán naprosto vyčerpávajícím způsobem a plně ve shodě s technologickým postupem pro danou činnost v uvedeném podniku.



Obrázek 21: Celkový pohled na stáčecí místo a válcové zásobníky pro skladování izobutanu (viz šipky).



Obrázek 22: Pohled na horní část zásobníků s izobutanem.



Obrázek 23: Detailní pohled na přípojně potrubí DN 40.

Vytvoření úkolového diagramu je činnost časově značně náročná, neboť vyžaduje důkladné pochopení pracovního postupu (nutno prostudovat technologické předpisy, vytvořit návrh úkolového diagramu a ten na základě poznatků získaných pozorováním provádění dané činnosti upravit). Konečná verze diagramu je nezbytným předpokladem pro další postup analýzy, a dopustí-li se analytik v této fázi nějakého pochybení, bude výsledek celé studie značně zkreslený, ne-li zcela špatný. Současně s tvorbou úkolového diagramu je nutné průběžně shromažďovat všechny informace důležité z hlediska realizace daného procesu. Jedná se o:

- Popis technologie;
- Popis výkonu (tj. provádění práce);
- Informace o zpětných vazbách signalizujících splnění či nesplnění subúkolů;
- Informace o podmínkách nutných k danému výkonu;
- Problémy identifikované při pozorování provádění dané práce;
- Navrhovaná doporučení.

Analýza HTA končí zápisem akcí, které podávají informaci o nadřazeném subcíli resp. dalších podřízených subúkolech, které je nutno splnit, aby byl daný subúkol splněn jako celek (zde je nutno aplikovat booleovské operátory). Po té je možné přejít k analýze PHEA, která tvoří samostatnou část (v softwarové aplikaci jsou části HTA a PHEA reprezentovány samostatnými barevně odlišenými záložkami). Zde je postup následující:

- Výběr relevantní chyby z databáze chyb (automaticky se zobrazí příslušný chybový mód a typu chyby);
- Vyjádření míry HEP (automaticky se zobrazí HEP na úrovni M, po té je možné provést korekci na L nebo H);
- Určení dotčených faktorů PIF z databáze PIF a ohodnocení jejich vlivu (automaticky po výběru PIF se zobrazí úroveň N, po té je možné provést korekce na I nebo W);
- Slovní popis možných následků chyby.

Pokud v databázi chyb není k dispozici žádná relevantní chyba, která by se k analyzovanému subúkolu hodila, anebo pokud je žádoucí seznam chyb k danému subúkolu rozšířit o další možné alternativy, může si analytik nadefinovat novou chybu, která se automaticky zapíše do databáze chyb uložené v jeho počítači.

Po vložení výše uvedených dat u všech subúkoluů klíčových z hlediska bezpečnosti (tj. u těch subúkoluů, kde se předpokládá významný vliv LČ) a uložení do počítače lze vygenerovat tiskovou sestavu pro úkolový diagram i tabulkový výstup. Verze programu 1.1 umožňuje provádět export na tiskárnu anebo export do formátu pdf (viz Příloha 2).

5.4.2 Zhodnocení navržené metodiky

Případová studie ukázala nejen způsob aplikace navržené metodiky a její výstupy, ale vedla také k řadě zjištění, které lze použít pro její posouzení. Silnou stránkou metodiky HTA-PHEA je, že může být použita pro analýzu jakéhokoliv úkolu ať již se jedná o sekvenční či nesequenční analýzu (byť ta je samozřejmě složitější). Za tuto vlastnost vděčí metodika aplikaci metody HTA ve své první části. Analyzovaný úkol je nejprve zpracován do formy úkolového diagramu, který má stromovou strukturu včetně použitých operací a

zpětné vazby. Na rozdíl od jiných metod (např. THERP) v sobě ale HTA nenese prvky kvantitativní analýzy, což tuto fázi řešení zjednodušuje, neboť ji zcela odděluje od časově náročnější části zaměřené na aplikaci metody PHEA. Rozklíčováním jednotlivých úkolů na subúkoly se však vytváří průsečík umožňující napojení metody PHEA na výstupy z HTA, o kterých se sice zmiňuje řada odborných prací (např. [8], [28], [33], [38], [49]), ale které nejsou v odborné literatuře blíže popsány. Autor se tak pokusil tento nedostatek odstranit a navrhl způsob integrace obou uvedených metod. Klíčovým prvkem pro dosažení tohoto cíle je, aby analýza HTA poskytla podklady pro odhalení kritických míst, které mohou být spojeny s lidským selháním. Tyto informace lze následně využít v části PHEA pro identifikaci konkrétních chyb LČ, které mohou být dále analyzovány postupem dle metody PHEA. Tato fáze byla v návrhu metodiky doplněna o část kvantitativní vycházející ze znalostí hodnot HEP získaných rozбором širokého spektra dostupných literárních zdrojů. Pouhá implementace databáze HEP by však nemohla postačit účelům, pro které byla tato metodika navrhována, neboť zjištěné hodnoty HEP nemusejí vždy korespondovat s reálnými hodnotami, s nimiž lze počítat v podmínkách českých průmyslových podniků. Bylo tedy nutné zavést možnost korekce HEP, pro což bylo využito filozofie posuzování účinnosti ochranných bariér dle metody LOPA-HF. Aby bylo možné posuzovat míru chybování LČ co možná nejobjektivněji, bylo nutné klasický přístup dle metody PHEA propojit také přístupem umožňujícím hodnotit vliv faktorů ovlivňujících výkon člověka (PSF/PIF). K tomuto účelu byla navržena databáze PIF, která tento problém efektivně řeší. V rámci části PHEA tak mohou být nyní analyzovány tři základní aspekty:

- Analýza předpokládaného plánu (vztahuje se k chybám v plánování úkolu nebo ujištění, zda jsou použity správné předpoklady);
- Analýza vloženého plánu (zvažují se chyby plynoucí z plánu specifikovaného v HTA, kterým je určeno, jak by měly být jednotlivé subúkoly vykonány);
- Analýza prvků úkolu (tímto aspektem postupu je systematicky identifikován rozsah chyb, které mohou nastat při plnění příslušného subúkolu).

Vstupem do PHEA jsou výsledky z HTA, přičemž na jakýkoliv subúkol (nemusí se nutně jednat o nejnižší úroveň) je použita předem stanovená taxonomie, podle které jsou chyby klasifikovány do 6 základních chybových módů (činnosti/akce, kontrola, získávání

informací, přenos informací, výběr, plánování). Analytikem jsou pak z této taxonomie pro každý subúkol vybírány věrohodné typy chyb, čímž je možné podchytit široké spektrum relevantních chyb již na nejnižší úrovni úkolového řešení. Ačkoli analýza úkolů postupuje směrem shora dolů (cíl úkolu je dekomponován na dílčí subcíle a tyto dále na jednotlivé subúkoly, jež je možné dále rozčlenit na další pracovní operace, ze kterých se tento úkol skládá), analýza PHEA naopak postupuje zespoda nahoru, tj. chyby se nejprve přiřazují nejnižším úkolovým jednotkám a postupně se následnou integrací získaných informací analyzuje celý pracovní proces.

Pro každou potencionální chybu jsou deduktivním způsobem odhaleny možné následky (v kontextu na reálné podmínky na pracovišti) a dále je odhadována pravděpodobnost vzniku dané chyby, kterou je možné korigovat za pomoci předdefinovaných diskrétních hodnot HEP (tj. uvažujeme, zda je pravděpodobnost výskytu uvažované chyby za daných podmínek zvýšená anebo snižena). Podle subjektivního úsudku analytika jsou pak navržena nápravná opatření, popřípadě opatření k eliminaci rizika.

Spojením metod HTA a PHEA za využití dílčích prvků metody LOPA-HF a taxonomie faktorů ovlivňujících výkon byl vytvořen nástroj umožňující komplexní analýzu spolehlivosti LČ s vysokou mírou objektivity, jehož výstup je koncipován do přehledné strukturované tabulky (viz tabulka 7), resp. úkolového diagramu.

Tabulka 7: Ukázka struktury jednotlivých kroků integrované metodiky HTA-PHEA a návrh struktury tabulkového výstupu z provedené analýzy.

HTA		PHEA											
Analýza subúkolů		Analýza relevantních chyb						Analýza PIF			Analýza následků		Redukce chyb
Krok	Zpětná vazba splnění subúkolů	Kód	Typ chyby	Relevantní chyby	Střední hodnota HEP	Kategorie závažnosti HEP	Výsledná HEP	Kód	Dotčené PIF	Kritičnost	Následky	Zpětná vazba vykonání chyby	Nápravná opatření
1.1: Přijmout datovou kartu, dokumenty a ostatní instrukce k čerpání	Ano	R2	Byla získána špatná informace	Chyba při čtení textu a čísel	0,005	H	0,065	I.2.1	Hluk na pracovišti	W	Rozpouštědlo je čerpáno do špatného ventilu – kontaminace dávky	Ano	Snížit úroveň hluku. Změnit úkoly operátora za účelem snížení jeho přetížení. Začlenění používání procedur do schématu výcviku.
				Chyba při provedení jednoduchého výpočtu	0,03		0,05	II.3.1	Jednoznačnost a srozumitelnost předpisů	N			
				Obecná chyba provedení (např. chybné přečtení popisku a následné vybrání špatného ovládače)	0,003		0,007	III.1.3	Komunikace mezi pracovníky	W			
		T2	Byla předána špatná informace	Chybně napsaná informace nebo číslo, které jsou předávány dál	0,01		0,05	IV.1.1	Praktické schopnosti a dovedností pracovníka	W			
1.2: Zapsat informace do záznamové knihy	Ne	T1	Informace nebyla předána dále	Špatné porozumění pokynu s následkem nepředání požadované informace	0,001	H	0,08	I.3.3	Časová náročnost pracovního úkolu	W	Laboratoře nemusí mít potřebné podklady pro provedení testů	Ne	Zajistit, aby operátoři trávili více času v laboratořích, aby pochopili důsledky špatně vyplněné záznamové karty nebo záznamové knihy.
								III.1.2	Jednoznačné zodpovědnosti	W			
		T2	Byla předána špatná informace	Chybně napsaná informace nebo číslo, které jsou předávány dál	0,01		0,05	IV.1.1	Praktické schopnosti a dovedností pracovníka	I			

5.5 Shrnutí výsledků disertační práce

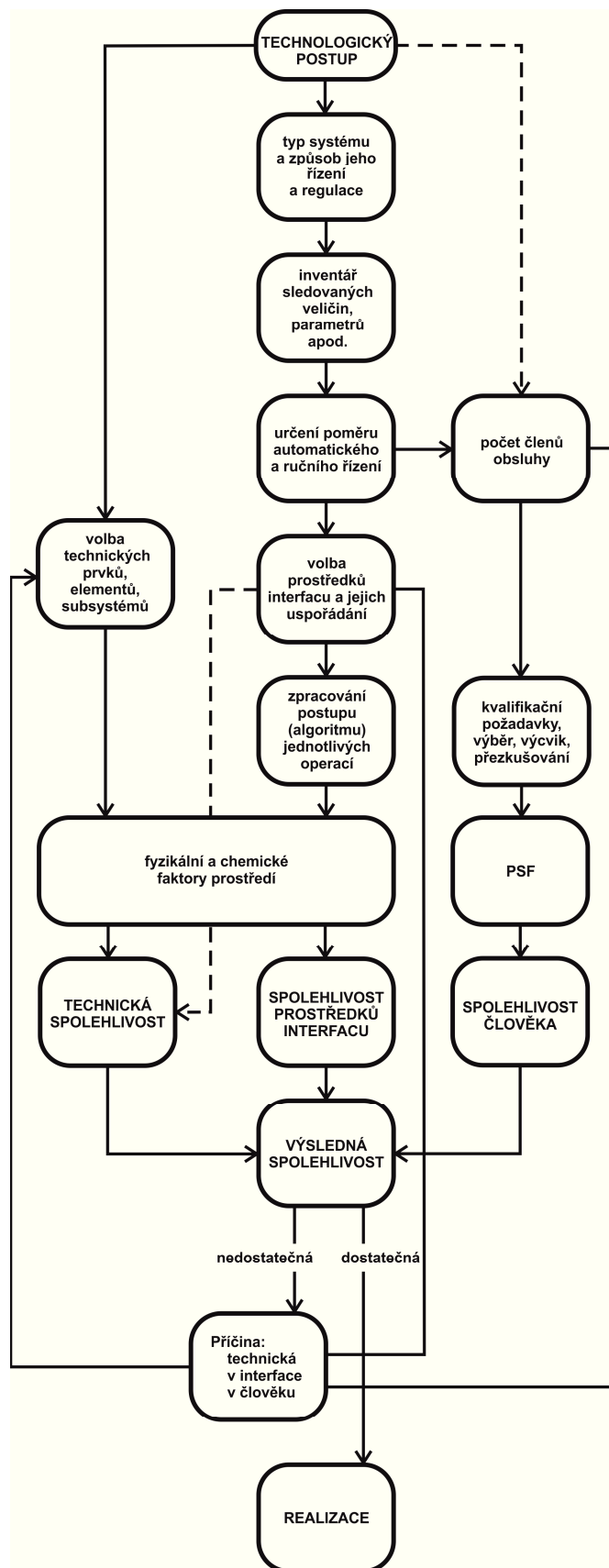
Průzkum problematiky, kterou autor této práce provedl v rámci pečlivé rešeršní přípravy, ukázal, že současná úroveň zpracovávaných dokumentů zaměřených na posuzování spolehlivosti LČ není dostatečná. Je to patrně odrazem nejen nedostatečných odborných znalostí při doposud aplikovaných přístupech, ale také podceňováním tohoto tématu v podnicích samotných. Při návštěvách v řadě podniků to bylo možné ostatně bez větších obtíží vypořádat.

Typickým obrázkem českých podniků je, že se zde na klíčových pracovištích z hlediska spolehlivosti LČ, jakými jsou kupříkladu velíny, v nedostatečné míře uplatňují ergonomické požadavky. Většinou zde není zpracován podrobný popis funkcí obsluhy, ani nejsou analyzovány potenciální příčiny lidských selhání na úrovni podnikové dokumentace. Dále, volba sdělovačů, ovládačů, jejich logického uspořádání ani použitých aktivních bezpečnostních prvků v automatizovaných systémech řízení výroby většinou není provedena s přihlédnutím k požadavkům jejich obsluhy. Jedinou výjimkou byl jeden z českých petrochemických podniků, kde v jedné výrobě se při modernizaci velínu mohli operátoři aktivně zapojit do modernizace, kdy byly manuálně ovládané funkce převáděny na automatické řízení pomocí SW. Zde byly vyslyšeny jejich požadavky a přání, což významným způsobem zvýšilo nejen zájem operátorů o zaváděné novinky, ale také se rychleji a lépe naučili nový řídicí systém ovládat. V ostatních případech se naopak operátoři museli přizpůsobit zaváděné „standardizované“ technologii, která byla dodána externí firmou. Důsledky byly zřejmé – od neochoty učit se novým věcem, přes vyšší počet výpadků výroby, delšího času najíždění technologie až po vyšší četnost mimořádných provozních událostí. Tohoto fenoménu si povšiml již Matoušek počátkem 90. let minulého století [87], kdy se v mnoha výrobních podnicích započalo s přechodem z manuálního způsobu řízení na poloautomatický nebo zcela automatický. Ač od té doby uplynulo 20 let, stále je spolehlivost pracovního systému vnímána jako spolehlivost technických komponent a člověk je považován za druhotný element. Napomohly tomu i změny ve společnosti, kdy častá fluktuace pracovníků, restrukturalizace podniků a tlak na lidi v pracovním procesu vytvořily u mnoha manažerů dojem, že každý člověk je snadno nahraditelný. Na člověka je postupně opět nahlíženo jako na výkonovou jednotku, jako tomu bylo za dob Frederica Taylora (viz kapitola 4.1). Jedno se však změnilo – manažeři již akceptovali člověka jako nositele určitých znalostí

a zkušeností, byť k této z hlediska bezpečnosti klíčové vlastnosti ve svých personálních rozhodnutích příliš nepřihlížejí.

V obecné formě lze postavení technických komponent, interface a člověka z hlediska spolehlivosti popsat řadou vzájemných vztahů, které jsou znázorněny ve schématu viz obrázek 24. Toto schéma, které navrhl Matoušek [87], bylo v rámci této práce také ověřováno, neboť bylo myšlenkovým východiskem pro návrh konceptu integrované metodiky HTA-PHEA. Ze schématu vyplývá, že v analýzách spolehlivosti LČ musí být řešena paralelně jak spolehlivost technická, tak „lidská“, včetně spolehlivosti „styku“ člověka se systémem, tj. interface. Předpokladem k tomu je rozbor úloh (úkonů, operací) obsluhy, jež by měl odhalit všechna potenciální slabá místa (zdroje selhání), jak se zřetelem na jejich pravděpodobnost vzniku, tak i na závažnost důsledků (ekonomických ztrát, ohrožení bezpečnosti lidí, včetně ekologických dopadů). Při těchto úvahách nelze zapomínat také na vliv faktorů ovlivňujících výkon člověka (PSF/PIF), a to v plné své šíři, jak o tom bylo pojednáno v kapitole 3.7.

A právě díky těmto postulátům, širokému spektru detailně prostudovaných odborných zdrojů, metodickým podkladům a vlastním zkušenostem autora bylo možné navrhnout nástroj, jež by umožnil efektivním způsobem a v konturách praktických zadání řešit problém posouzení vlivu lidského činitele v souvislosti s relevantními zdroji rizik dle požadavků vyhlášky č. 256/2006 Sb. Byla tak navržena integrovaná metodika HTA-PHEA vycházející z konceptů metod HTA a PHEA doplněných o řadu dílčích aspektů použitých z dalších uznávaných metod. Převedením metodiky do podoby počítačového programu vznikl nástroj snadno použitelný i poučenými laiky a poskytující validní a přehledné výstupy splňující v plné šíři požadavky stávající právní úpravy i příslušného Metodického pokynu MŽP. Metodika byla ověřována dvoukolově stejně jako existující vývojová verze SW aplikace, která vznikla paralelně s touto prací ve VÚBP. Vznikly tak postupně tři profesionální verze dané aplikace, přičemž vrcholným dílem je verze programu 1.1. IDB, která by nevznikla nebýt této disertační práce. Reálná aplikace metodiky, resp. uvedeného programu, byla provedena na existujícím pracovišti, kde se provádí stáčení isobutanu z automobilové cisterny.



Obrázek 24: Schéma vzájemných vazeb mezi prvky ovlivňujícími spolehlivost systému (upraveno podle [87]).

6 DISKUSE

6.1 Teoretické posouzení validity navržené metodiky

Obecně se uvádí, že spolehlivost a validita spolu úzce souvisejí. Není-li metoda spolehlivá, nemůže být ani validní, tj. nemůže poskytovat platné výstupy. Tento vztah však neplatí oboustranně. Kupříkladu Stanton [38] uvádí, že na základě vzájemného porovnání dvanácti metod (od nejjednodušších po nejsložitější) se metoda HTA řadí mezi metody s nízkou inter-analytickou spolehlivostí (cca 21 %). Tato spolehlivost je počítána sledováním homogenosti výstupů jednotlivých analytiků při testovacích zkouškách. Další pohled na spolehlivost metody poskytuje intra-analytická spolehlivost. Ta je určena za pomoci použití Pearsonových korelačních koeficientů. Z tohoto pohledu se deklarovaná spolehlivost metody HTA pohybuje okolo 23 %. Vlastní parametr validity metody, který je určen kombinací míry „správného zásahu“ a „falešného poplachu“, se u metody HTA pohybuje na hranici 60 %, což tuto metodu řadí mezi mírně nadprůměrné metody.

Metoda PHEA vykazuje v ukazatelích intra- i inter-analytické spolehlivosti vyšší hodnoty (55 % resp. 39 %), což ji řadí mezi metody s ještě vyšší prediktivní úspěšností než samotné HTA. Někteří autoři avšak uvádějí, že mechanické použití této metody může svádět k vyvozování ne zcela objektivních závěrů. Uváděný parametr validity metody PHEA činí 61 %, což je opět velice slušné skóre [38].

V případě integrované metodiky HTA-PHEA je parametr validity dán kombinací klíčových spolehlivostních parametrů metody HTA a metody PHEA, a proto je možné jej pouze odhadovat na základě praktických zkušeností. Obecně slabý výkon metody HTA daný nízkou validitou dat do ní vstupujících je poměrně významně vykompenzován vysokou prediktivní schopností této metody a dále analýzou možných chyb člověka a faktorů ovlivňujících výkon, které poskytuje část PHEA. Jelikož se jedná o deduktivní přístup, může podle míry znalostí a zkušeností hodnotitelů inter-analytická spolehlivost poskytovaných výstupů dosahovat hodnoty až okolo 70 %. Toto číslo je srovnatelné pouze s vysoce detailními metodami, jakými jsou například KLM, TAFEI, THERP či HAZOP, které jsou ale oproti metodě HTA-PHEA mnohem složitější a náročnější na aplikaci.

6.2 Náročnost aplikace metodiky a požadavky na přípravu analytiků

HTA patří z hlediska časové náročnosti mezi středně náročné metody. V tomto ohledu je přihlíženo k časové náročnosti vyškolení hodnotitelů, tak i k praktické náročnosti vlastní aplikace. Stanton [38] uvádí, že průměrná doba potřebná pro vyškolení analytiků činí 60 minut a doba potřebná pro běžnou aplikaci metody v praxi cca 150 minut. U metody PHEA týž autor uvádí, že pro proškolení analytiků je potřeba cca 90 minut a pro vlastní aplikaci pak více jak 120 minut.

Při ověřování této skutečnosti se autor této práce pokusil zjistit časové nároky pro používání prezentované integrované metodiky HTA-PHEA. V rámci výuky studentů na Vysoké škole Karla Engliša (VŠKE) v předmětu „Spolehlivost lidského činitele“ ověřil na vzorku 26 studentů časovou náročnost vyškolení laiků a čas potřebný pro zpracování jednoduché studie za pomoci softwarové aplikace metodiky HTA-PHEA. Ze získaných poznatků lze prezentovat tyto závěry:

- Vlastní proškolení laiků lze kvalitně provést za 90 – 120 minut, kdy kromě teorie je nutná také praktická ukázka samotné analytické práce, popř. prezentace práce se softwarovým nástrojem;
- Časová náročnost zpracování vlastní analýzy pro jednoduchý pracovní úkol zahrnující sekvenční činnosti (např. manipulace s kladkostrojem, ovládání plynového kotle apod.) činila u většiny respondentů 120 – 240 minut, přičemž nejvíce času si vždy vyžádal návrh úkolového diagramu HTA a vyplnění popisných tabulek (tzn. nejnáročnější je práce s podkladovými daty). Vlastní studium způsobu provádění posuzovaných prací a identifikace kritických míst nebyla časově náročná a většina analytiků ji s poměrně dobrými výsledky zvládla během 30 – 60 minut (obvykle se jednalo o pohovory s pracovníky).

Z výše uvedeného vyplývá, že časová náročnost integrované metodiky HTA-PHEA je nižší než prostý součet času potřebného pro aplikaci jednotlivých metod zvlášť (HTA, resp. PHEA), nicméně i tak převyšuje hodnoty uváděné pro TAFEI [38]. Náročnost metody je skryta především ve vyšší náročnosti na získání podkladů a jejich detailní studium a analýzu.

6.3 Zkušenosti s použitím softwarového nástroje HTA-PHEA

Pro ověření navržené metodiky byl využit software „Analýza HTA-PHEA“ verze 1.1, který je nástrojem pro snadnou aplikaci integrované metodiky HTA-PHEA v praxi. Program byl vyvinut paralelně s řešením této disertační práce a plně respektuje její koncept. Jedná se o jednoduchý nástroj pro analýzu úkolů, který umožňuje provádět analýzu chybování člověka včetně faktorů ovlivňujících výkon.

Jak již bylo uvedeno v popisu metody, od klasické analýzy PHEA se integrovaná metodika HTA-PHEA liší kromě spojení obou metod také tím, že pro každou potencionální chybu umožňuje vyhodnocovat její možné následky, pravděpodobnost jejího vzniku (HEP) a provádět korekce hodnoty HEP podle stávající úrovně bariér bránících vzniku chyby. Současně umožňuje do analýzy zahrnout posouzení vlivu faktorů ovlivňujících výkon (PIF) na spolehlivost člověka v pracovním systému. Podle subjektivního úsudku analytika jsou pak navržena nápravná opatření, popřípadě opatření k eliminaci rizika. Vlastní analýza vyžaduje provedení sedmi základních systémových kroků, které byly popsány v kapitole 5.3.1. Provedení kroků 1, 2 a 3 je prováděna v rámci analýzy HTA, ostatní kroky pak vycházejí z metody PHEA doplněné o prvky vycházející s metody LOPA-HF. Vizualizaci dialogových oken vyvíjeného software je uvedena v Příloze 1.

Pilotní prověření funkcionalit vývojové verze uvedeného software provedl v rámci své diplomové práce Jakub Trpiš [94], který prokázal, že nástroj je plně funkční a umožňuje efektivně provádět analýzu podle předepsaného schématu. Jeho praktické poznatky posloužily k návrhu updatované verze programu s označením 1.1 LE. Ověření verze 1.1 LE bylo následně provedeno skupinou 26 studentů VŠKE, kteří podle individuálního zadání zpracovávali svou studijní práci. V ní měli za úkol posoudit uživatelské vlastnosti programu a diskutovat silné a slabé stránky programu. Většina studentů uvedla, že software značně zjednodušuje práci, byť je nutné věnovat cca 30-60 minut na seznámení se všemi jeho funkcionalitami. Jelikož je ale program v českém jazyce a není složitý na ovládání, je zaučení relativně snadné. Podobně jako student Jakub Trpiš i tato studijní skupina odhalila několik drobných chyb v návrhu a designu. Takto získané poznatky byly následně využity pro update verze 1.1 a návrh nové verze programu s označením 1.1 IDB, která představuje doplňkovou aplikaci určenou pro editaci interní databáze relevantních chyb a dotčených PIF faktorů v počítači daného uživatele.

6.4 Posouzení využitelnosti navržené metodiky

Ověření využitelnosti navržené metodiky v praxi bylo provedeno ve spolupráci s VÚBP, v.v.i., pracovištěm studenta. Ukázalo se, že navržený postup analýzy spolehlivosti lidského činitele umožňuje získat údaje o spolehlivosti výkonu činnosti lidského operátora v procesním průmyslu, které jsou kompatibilní s údaji z oblasti technické spolehlivosti. Zajištění takovéto kompatibility přináší významnou výhodu spočívající v možnosti komplexního posouzení spolehlivosti celého systému, identifikace kritických míst, cílený návrh opatření a posouzení míry vlivu vnitřních i vnějších faktorů ovlivňujících výkon člověka. Kromě toho struktura i forma získávaných údajů o spolehlivosti lidského činitele umožňuje využití softwarové aplikace navržené pro zjednodušení práce hodnotitelů.

Praktická využitelnost navržených postupů je dokumentována na příkladech uvedených v této práci. Případová studie byla záměrně zaměřena na činnosti v procesním průmyslu často prováděné, protože je tato oblast z hlediska technické spolehlivosti poměrně dobře propracovaná. Lze tedy provést srovnání například s jinými postupy a metodami. Vlastní integrovaná metodika HTA-PHEA je pro svou univerzálnost použitelná pro libovolný technický systém řízený člověkem, její omezení je dáno pouze dostupností dat o způsobu provádění dílčích subúkolů a o míře chybování pracovníků při těchto činnostech.

Z hlediska praktické aplikace navrženého postupu je důležité, že ji lze použít i ve fázi designu a předvýrobních etap vývoje systému. Klíčovou informací je zde pouze cíl hlavního úkolu, kterého má být dosaženo a navržené způsoby pro jeho realizaci. To umožňuje volit optimální variantu řešení, aniž by docházelo ke zvyšování nákladů na dodatečné úpravy a změny systému. Hlavní využití ale navržená metodika nalezne především při analýze spolehlivosti lidského činitele u již existujících systémů v procesním průmyslu. Zde lze metodiku využít jak pro klasickou sekvenční analýzu, kdy daný úkol zahrnuje výlučně manuální úkony navazující jeden na druhý, tak i pro analýzu spolehlivosti LČ při ovládání řídicích systémů (analogových či digitálních), kde má provádění jednotlivých úkolů multidimenzionální charakter a je úzce spojeno s využíváním většího počtu ovládačů, sdělovačů a řídicího software umožňujícího řešit variantní situace.

V přehledu publikací studenta lze nalézt několik prací, které se tomuto tématu podrobněji věnují, a proto zde nejsou blíže popsány jednotlivé dílčí závěry získané z aplikace navrženého postupu anebo jeho částí v reálných pracovních systémech.

6.5 Přínosy disertační práce

S přihlédnutím na zadání této disertační práce a skutečnostem uvedených jak v praktické části této práce tak i diskusi lze vyjádřit názor, že očekávání i cíle byly splněny. Přínosy práce je možné rozdělit do tří oblastí: přínos pro vědu, přínos pro obor a přínos pro praxi.

Přínosy pro vědu lze spatřovat především v:

- Návrhu unikátní a původní metodiky vzniklé integrací metod HTA a PHEA plně v souladu s premisami uváděnými v řadě teoretických prací;
- Ověření metodiky u celkem 26 uživatelů (poučených laiků) pocházejících přímo z prostředí průmyslových podniků;
- Posouzení validity navržené metodiky na základě srovnání s původními metodami HTA resp. PHEA.

Přínosem pro obor je možno vnímat:

- Soubor nejnovějších poznatků získaných pečlivou rešeršní prací, jejich citlivá syntéza a interpretace využitelná pro studium i výuku na fakultě bezpečnostního inženýrství VŠB-TUO;
- Rozšíření Terminologického výkladového slovníku k problematice spolehlivosti lidského činitele o více jak 30 nových pojmů.

Přínosy pro praxi pak reprezentuje zejména:

- Posouzení validity existujícího SW nástroje „Analýza HTA-PHEA 1.1“ a podání řady připomínek pro jeho vylepšení;
- Vývoj doplňkové aplikace programu „Analýza HTA-PHEA“ verze 1.1 IDB;
- Zpracování případové studie demonstrující správný postup aplikace SW nástroje „Analýza HTA-PHEA 1.1“ a popis pracovního postupu i získaných výstupů.

7 ZÁVĚR

Lidské chyby jsou přirozenou součástí lidského chování. Ve vztahu k pracovním vlastnostem i k interpersonálním aktivitám a s ohledem na to, jak často se jich dopouštíme, jakého jsou typu, jaké mají důsledky apod., jsou kritériem vlastnosti označované jako spolehlivost člověka. Rozbory příčin vzniku mimořádných událostí v procesním průmyslu se vesměs shodují v nálezech, že jejich vznik byl důsledkem selhání lidského faktoru, tj. jeho chování, označované jako chyba. Selhání člověka či skupiny osob se však netýká jen obsluhy strojů, řidičů dopravních prostředků, operátorů velínů ale také dalších osob, jako jsou údržbáři, pracovníci zajišťující přepravu materiálů a produktů, projektanti a konstruktéři technologických zařízení a v neposlední řadě také dozorující osoby, revizní technici a manažeři.

Při určení příčiny vzniku chyby, omylu či selhání člověka při plnění pracovního úkolu je proto nezbytné hodnotit též okolnosti, za nichž vznikly. Jde o odhalení příčinné souvislosti mezi chybným výkonem, objektivně danými vlastnostmi pracovních prostředků, aktuálním či dlouhodobým stavem prostředí a dalších spolupůsobících okolností – souhrnně nazývanými faktory ovlivňující výkon člověka (PSF/PIF).

Jelikož se v praxi jedná o značně složitý a těžko uchopitelný problém, zaměřila se tato disertační práce primárně na zmapování hlavních atributů ovlivňujících spolehlivost lidského činitele v technologických systémech a v praktické rovině pak na navržení koncepčního systémového přístupu pro posuzování vlivu lidského činitele na bezpečnost provozu v procesním průmyslu způsobem vyhovujícím požadavkům zákona č. 59/2006 Sb. a vyhlášky č. 256/2006 Sb. Navržený přístup má předkládat vhodný způsob řešení uvedeného tématu v praxi, při současném respektování Metodického pokynu MŽP „Posouzení vlivu lidského činitele na objekt nebo zařízení v souvislosti s relevantními zdroji rizik“. Takto navržené zadání bylo v plném rozsahu dodrženo, přičemž aplikovaný způsob řešení v požadovaném rozsahu reflektuje také nejnovější vědecko-technické poznatky v uvedené oblasti.

Přínosem disertační práce je vytvoření srozumitelné metodiky, která napomůže zpracovatelům uvedeného dokumentu vhodným způsobem posoudit chybění lidského činitele. Pro uvedenou metodiku, která vychází z původních analytických metod HTA, PHEA a LOPA-HF, byl v rámci řešení tématu disertační práce validován také softwarový nástroj „Analýza HTA-PHEA“, jehož vývojová verze byla pod vedením autora této disertační práce

aplikována na reálný příklad v rámci řešení diplomové práce studenta Trpiše. Upravená verze programu (1.1 LE) byla následně ověřena skupinou 26 vysokoškolských studentů kombinovaného studia, kteří na reálných příkladech demonstrovali silné a slabé stránky programu. Získané zkušenosti následně posloužily k návrhu updatované verze 1.1, která byla aplikována v rámci řešení této práce jako případová studie (viz Příloha 2).

Jelikož se jedná o nástroj, který je nutné i nadále rozvíjet dle požadavků a poznatků získaných od jeho uživatelů z provozní praxe, má tato práce velký potenciál pozitivním způsobem ovlivnit přístup zpracovatelů analýzy a hodnocení (technologických) rizik, resp. její části věnované lidskému činiteli. Dle stagnující úrovně bezpečnostní dokumentace zpracovatelů, která se od novely zákona o prevenci závažných havárií v roce 2006 prakticky nezměnila, lze vyjádřit naději, že by toto dílo mohlo napomoci tento stav změnit. Práce totiž předkládá ucelený postup použitelný pro analýzu chybování lidského činitele v souvislosti s relevantními riziky vycházející z přehledně zpracované teoretické části uvádějící čtenáře do problematiky a dále doplněnou o případovou studii demonstrující navrhovaný postup práce.

Je zvykem, uvést na samém závěru disertační práce, některá doporučení, která vzešla z vlastního řešení. V tomto směru považuje autor za důležité zmínit dvě oblasti, které by bylo možné dále rozvíjet: (1) zavedení povinnosti využívat navrženou metodiku v praxi například jejím uvedením v metodickém pokynu MŽP a (2) vývoj pokročilejší verze programu „Analýza HTA-PHEA“, který by mohl být rozšířen o možnost provádění interpersonální analýzy. V tomto ohledu se nabízí myšlenka doplnit program o část zaměřenou na hodnocení kvalifikačních předpokladů pracovníků pro výkon dané práce například formou strukturovaného checklistu. Tento krok by však vyžadoval užší spolupráci s psychology práce. Nejedná se však o problém neřešitelný a existující software dokazují, že toto zadání je zvládnutelné.

8 LITERATURA

- [1] BABER, C. *Introduction to Human Performance: Usability and Designing for Error*. Birmingham : Birmingham University, 2000.
- [2] BAYBUTT, P. Layers of Protection Analysis for Human Factors (LOPA-HF). In *ASSE Symposium on Human Error in Occupational Safety, March 13-14, 2003, Atlanta, Georgia*, 2003. pp. 163-175.
- [3] BAYBUTT, P.; HAIGHT, J. *Analysis of Human Factor for Process Safety : Application of LOPA-HF to Fired Furnace*. PrimaTech Inc. and The Pennsylvania State University, 2002. 24 p.
- [4] BRAUER, R.L. *Safety and Health for Engineers*. New Jersey : John Wiley and Sons, 2006. 756 p.
- [5] *Collection and classification of human reliability data for use in probabilistic safety assessments*. Final report of a co-ordinated research programme 1995-1998. IAEA-TECDOC-1048. Vienna : International Atomic Energy Agency, 1998. 22 pp. ISSN 1011-4289.
- [6] ČSN EN 60812. *Techniky analýzy bezporuchovosti systémů – Postup analýzy způsobů a důsledků poruch (FMEA)*. Praha : Český normalizační institut, 2007.
- [7] ČSN IEC 61882. *Studie nebezpečí a provozuschopnosti (studie HAZOP) – Pokyn k použití*. Praha : Český normalizační institut, 2002.
- [8] DIAPER, D.; STANTON, N.A.; ANNET, J. *The Handbook of Task Analysis for Human-Computer Interaction*. New Jersey : Lawrence Erlbaum Associates, 2004. 650 p. ISBN 0-8058-4432-5.
- [9] EMBREY, D.E. ... [et al]. *SLIM-MAUD: An Approach to Assessing Human Error Probabilities Using Structured Expert Judgment – VOLUME I: Overview of SLIM-MAUD*, Washington D.C. : Nuclear Regulatory Commision, Office of Nuclear Regulatory Research, 1984.
- [10] FERRY, T.S. *Modern Accident Investigation and Analysis*. New Jersey : John Wiley and Sons, 1988. 306 p.
- [11] *Guidelines for Preventing Human Error in Process Safety*. New York : Center for Chemical Process Safety of the American Institute of Chemical Engineers, 1994.
- [12] HARRIS, D. ... [et al]. Using SHERPA to predict design-induced error on the flight deck. *Aerospace Science and Technology*, Vol. 9, Issue 6, September 2005. pp. 525-532.
- [13] NEOGY, P., HANSON, A. L., DAVIS, P. R., FENSTERMACHER, T. E. *Hazard and Barrier Analysis Guidance Document*. US Department of Energy, Office of Operating Experience Analysis and Feedback. Report No. EH-33. 1996.
- [14] HIROMITSU, K. *Satisfying Safety Goals by Probabilistic Risk Assessment : Springer Series in Reliability Engineering*. London : Springer-Verlag, 2007. ISBN 1-84628-681-6.
- [15] HOLLNAGEL, E. *CREAM : Cognitive reliability and error analysis method*. Halden. Norway : Institutt for Energiteknikk, 1998. 287 p. ISBN 0-08-0428487.

- [16] JAMBON, F. Taxonomy for Human Error and System Fault Recovery from the Engineering Perspective. In *International Conference on Human-Computer Interaction in Aeronautics (HCI-Aero'98)*. [s.l.] : [s.n.], 1998.
- [17] JOHNSON, Ch.W., PALANQUE, P. *Human Error, Safety and Systems Development*. Norwell : Kluwer Academic Publisher, 2004. 322 p. ISBN 1-4020-8152-9.
- [18] KARWOWSKI, W. *International Encyclopedia of Ergonomics and Human Factors*, 2nd ed. Boca Raton : CRC Press, 2006. 3606 p. ISBN 0-415-30430-X.
- [19] KIRWAN, B.A. *Guide Practical Human Reliability Assessment*. Boca Raton : CRC Press, 1994. ISBN 978-0-7484-0052-2.
- [20] KIRWAN, B.A.; AINSWORTH, L.K. *A Guide to Task Analysis: The Task Analysis Working Group*. London : Taylor & Francis, 1992. ISBN 0203221451.
- [21] KLETZ, T.A. *An Engineer View of Human Error*. 2. ed. Rugby : Institution of Chemical Engineers, 1991.
- [22] *Kultura bezpečnosti a klima bezpečnosti : příručka pro inspektory JE*. 1. vyd. Praha : Výzkumný ústav bezpečnosti práce, 2008. ISBN 978-80-86973-49-4.
- [23] Metodický pokyn odboru environmentálních rizik Ministerstva životního prostředí k rozsahu a způsobu zpracování dokumentu „Analýza a hodnocení rizik závažné havárie“ podle zákona č. 59/2006 Sb., o prevenci závažných havárií. Věstník Ministerstva životního prostředí ČR, roč. XVII, březen 2007. částka 3. pp. 1-15.
- [24] Metodický pokyn odboru environmentálních rizik Ministerstva životního prostředí k rozsahu a způsobu zpracování dokumentu „Posouzení vlivu lidského činitele na objekt nebo zařízení v souvislosti s relevantními zdroji rizik“ podle zákona č. 59/2006 Sb., o prevenci závažných havárií. Věstník Ministerstva životního prostředí ČR, roč. XVII, 2007, částka 3, pp. 16-21.
- [25] *OECD-CCA Workshop on Human Factors in Chemical Accidents and Incidents*, Proceedings, 2007.
- [26] O'HARA, J.M. ... [et al.]. *Human Factors Engineering Program Review Model*, NUREG-0711, Rev. 2, Washington D.C. : Nuclear Regulatory Commission, Office of Nuclear Regulatory Research, 2004.
- [27] PALEČEK, M.; MALÝ, S.; GIECI, A. *Spolehlivost lidského činitele*. 1. vyd. Praha : Výzkumný ústav bezpečnosti práce, 2008. 138 p. ISBN 978-80-86973-28-9.
- [28] PATRICK, J.; SPURGEON, P.; SHEPHERD, A. *Guide to Task Analysis*. London : Taylor and Francis, 1986.
- [29] PETERSEN, D. *Human Error Reduction and Safety Management*. 3rd ed. Hoboken : John Wiley and Sons, 2009. 397 p. ISBN 0-471-28740-7.
- [30] RASMUSSEN, N. ... [et al.]. *Reactor Safety Study – An Assessment of Accident Risk in US Commercial Nuclear Power Plants (WASH-1400)*. NUREG 75/014. Washington D.C. : Nuclear Regulatory Commission, 1975.
- [31] REASON, J. 1990. *Human Error*. Cambridge: Cambridge University Press, 1990.
- [32] SADHRA, S.S.; RAMPAL, K.G. *Occupational Health : Risk Assessment in the Process Industries*. Blackwell Science, 1999. ISBN 0-632-04199-4.

- [33] SALVENDY, G. *Handbook of Human Factors and Ergonomics*. 3rd ed. Hoboken : John Wiley & Sons, Inc., 2006. 654 p. ISBN 0-471-44917-2.
- [34] SKŘEHOT, P... [et al.]. *Terminologický výkladový slovník k problematice spolehlivosti lidského činitele*. [online]. Praha : Výzkumný ústav bezpečnosti práce, 2011. 116 p. ISBN 978-80-86973-68-5. Dostupný na WWW: <<http://www.vubp.cz/index.php/metodiky>>.
- [35] SKŘEHOT, P. *Posuzování spolehlivosti člověka v pracovním systému pomocí analýz úkolů*. Edice Bezpečný podnik, 1. vyd. Praha : Výzkumný ústav bezpečnosti práce, 2008. 28 p. ISBN 978-80-86973-22-7.
- [36] SKŘEHOT, P.; TRPIŠ, J. *Analýza chybování lidského činitele pomocí integrované metody HTA-PHEA*. Praha : Výzkumný ústav bezpečnosti práce, 2009. 36 p.
- [37] SKŘEHOT, P... [et al.]. *Prevence nehod a havárií : 2. díl : mimořádné události a prevence nežádoucích následků*. Praha : Výzkumný ústav bezpečnosti práce & T-Soft, 2009. 510 p. ISBN 978-80-86973-73-8.
- [38] STANTON, N.A.; YOUNG, M.A. *Guide to Methodology in Ergonomics : Designing for Human Use*, New York : Taylor and Francis, 1999. 132 p.
- [39] SWAIN, A.D.; GUTTMAN, H. *Handbook of human reliability analysis with emphasis on nuclear power plant applications*. NUREG/CR-1278. Washington D.C. : Nuclear Regulatory Commission, 1983.
- [40] VINCEK, J.C.; HAIGHT, J.M. *Realistic Human Error Rates for Process Hazard Analysis*. AICHE. Wiley InterScience, 2007.
- [41] HEINRICH, H.W. *Industrial Accident Prevention: A Scientific Approach*. 1st Ed. New York : McGraw Hill Book Company. 1931.
- [42] MALÝ, S.; MATOUŠEK, O.; TOMÁŠOVÁ, A. Selhání člověka a průmyslové havárie – 1. část. *Bezpečnost a hygiena práce*. 1999, No. 6, pp. 4-6.
- [43] MALÝ, S.; MATOUŠEK, O.; TOMÁŠOVÁ, A. Selhání člověka a průmyslové havárie – 2. část. *Bezpečnost a hygiena práce*. 1999, No 7-8, pp. 4-7.
- [44] EMBREY, D. *Performance Influencing Factors (PIFs)* [online]. Human Reliability Associates Ltd., 2000. [cit. 2008-07-30]. Dostupný na WWW: <<http://www.humanreliability.com/articles/Introduction%20to%20Performance%20Influencing%20Factors.pdf>>.
- [45] SKŘEHOT, P. Využití faktorů ovlivňujících výkonnost obsluhy při hodnocení spolehlivosti lidského činitele a kultury bezpečnosti. *SPEKTRUM*, 2008, No. 1, pp. 41-45. ISSN 1211-6920.
- [46] ČSN EN 61511-1: Funkční bezpečnost - Bezpečnostní přístrojové systémy pro sektor průmyslových procesů - Část 1: Požadavky na systémy hardwaru a softwaru, struktura, definice, Praha : Český normalizační institut, 2005.
- [47] KOTEK, L.; BABINEC, F. Hodnocení vlivu lidského činitele při řízení výroby. In *4. sympozium „Spolehlivost a bezpečnost při provozu a údržbě v procesním průmyslu a energetice“*. Praha : ČSCHI, 2009, pp. 16-17. ISBN 978-80-86059-52-5.
- [48] TRPIŠ, J. *Analýza přístupů a metod použitelných pro pravděpodobnostní hodnocení spolehlivosti lidského činitele v procesním průmyslu*. 2009. 51 s. Fakulta

- bezpečnostního inženýrství. Vysoká škola báňská - TU Ostrava. Vedoucí bakalářské práce: Petr Skřehot.
- [49] STRÄTER, O. *Evaluation of Human Reliability on the Basis of Operational Experience*. GRS-170. Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit mbH, 2000. 400 s. ISBN 3-931995-37-2.
 - [50] CLEMENS, P.L. *Fault tree analysis*. [online]. 4th ed. Tullahoma : Sverdrup Technology. 1993. [cit. 2012-03-30]. Dostupný na WWW: <<http://www.fault-tree.net/papers/clemens-fta-tutorial.pdf>>.
 - [51] ŠTIKAR, J.; HOSKOVEC, J.; ŠMOLÍKOVÁ, J. *Analýza lidských chyb vedoucích k nehodám*. Praha : Fakulta sociálních věd UK. PSY-010, 2006. 24 s. ISSN 1801-5999.
 - [52] HOLLNAGEL, E. Human Reliability Assessment in Context. *Nuclear Engineering and Technology*, 2005, Vol. 37, No.2, pp. 159-166.
 - [53] SALMINEN, S.; TALLBERG, T. Human Errors in Fatal and Serious Occupational Accidents in Finland. *Ergonomics*, 1996, Vol. 39, No. 7, pp. 980-988.
 - [54] STANTON, N.A.; SALMON, P.M. Human error taxonomies applied to driving: A generic driver error taxonomy and its implications for intelligent transport systems. *Safety Science*. 2009, No. 47, pp. 227–237.
 - [55] MIKULECKÝ, P., SKALSKÁ, H. *Systémy pro podporu rozhodování*. Soubory učebních textů. Katedra aplikované informatiky FŘIT VŠP, 1998.
 - [56] STANTON, A. N. Error Taxonomies. In KARWOWSKI, Waldemar. *International Encyclopedia of Ergonomics and human Factors*. 2nd edition. Boca Raton, FL: CRC Press, 2006, pp. 706-709. ISBN 0-415-30430-X.
 - [57] HAVLÍKOVÁ, M. Pravděpodobnostní analýza spolehlivosti v systému člověk – stroj. *AT&P Journal*. 2006, No. 5.
 - [58] LEWYCKY, P. Notes toward an understanding of accident causes. *Hazard Prevention*. 1987, No. 2, pp. 6-8.
 - [59] HAVLÍKOVÁ, M. Lidský faktor v systémech MMS. *Časopis výzkumu a aplikací v profesionální bezpečnosti* [online]. 2009, Vol. 2, No. 1 [cit. 2009-04-07]. Dostupný z WWW: <http://www.bozpinfo.cz/josra/josra-01-2009/havlikova_lidsky-faktor.html>.
 - [60] FOOTE, A.J. Is Probabilistic Assessment the Answer? *The Reliability Analysis Center Journal*, 2003, No. 1, pp. 1-12.
 - [61] LUCZAK, H.; REUTH, R.; SCHMIDT, L. Development of error-compensating UI for autonomous production cells. *Ergonomics*, 2003, Vol. 23, No. 1-3, pp. 19-40.
 - [62] KIERAS, D.E. *GOMS Models – Simplified Cognitive Architectures*. [online]. Ann Arbor : University of Michigan. [cit. 2008-07-30]. Dostupný na WWW: <http://www.cs.cmu.edu/~bej/CognitiveModelingForUIDesign/2a_GOMS_Architectures.pdf>.
 - [63] SALMINEN, S.; TALLBERG, T. Human errors in fatal and serious occupational accidents in Finland. *Ergonomics*, 2003, Vol. 39, No. 7, pp. 980-988.
 - [64] SVOBODOVÁ, L. a kol. *BOZP A RIZIKOVÉ FAKTORY PRACOVNÍKŮ NAD 50 LET – uplatnění starších osob v pracovním procesu s návrhy na opatření na úrovni odvětví*

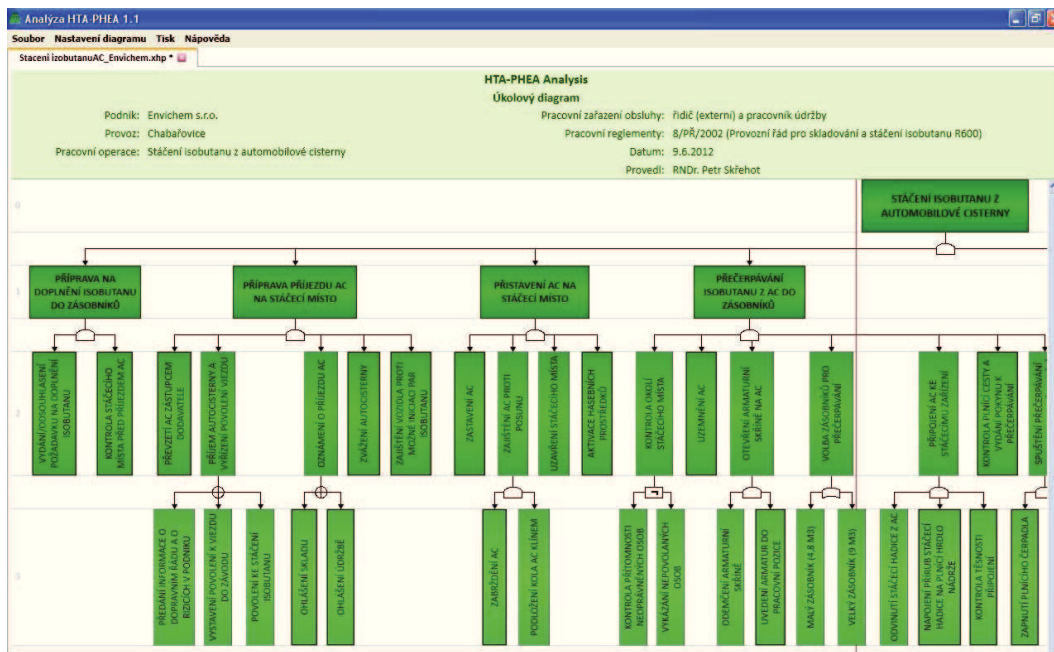
- a podniku*. [online]. Praha : VÚBP. [cit. 2012-03-30]. 2008. Dostupný na WWW: <http://www.mpsv.cz/files/clanky/7851/Zaverecna_zprava_HR177_2009.pdf>.
- [65] SINAY J. *Bezpečná technika, bezpečné pracoviště – atributy prosperující společnosti*. Košice : Technická univerzita v Košiciach. 265 p. 2011. ISBN 978-80-553-0750-3.
 - [66] KIRWAN, B. Human Error Identification Techniques for Risk Assessment of High Risk Part I – Review and Evaluation of Techniques. *Applied Ergonomics*. 1998, Vol. 29, No. 3, pp. 157-177.
 - [67] POCKOCK, S.; FIELDS, B.; HARRISON, M.; WRIGHT, P. *THEA – A Reference Guide*. [online]. New York : University of York. [cit. 2012-03-30]. 2001. Dostupný na WWW: <<http://homepages.cs.ncl.ac.uk/michael.harrison/papers/thea.pdf>>.
 - [68] BUSSE, D.K. *Cognitive Error Analysis in Accident and Incident Investigation in Safety-Critical Domains*. 2002. 300 s. University of Glasgow.
 - [69] BUBB, H. *Human Reliability in System Design. Application Guide to Human Reliability - Part 1*. IEC/TC 56/WG11. 1994.
 - [70] *Human Error Classification and Data Collection*. Report of a Technical Committee Meeting 20-24 February 1989. IAEA-TECDOC-538. Vienna : International Atomic Energy Agency, 1990. 172 p.
 - [71] SHARIT, J. Human Error : chapter 27. In SALVENDY, Gavriel. *Handbook of Human Factors and Ergonomics*. 3rd edition. Hoboken, NJ, USA : John Wiley & Sons, Inc., 2006. ISBN 0-471-44917-2. s. 708-760.
 - [72] BORING, R.L.; BLACKMAN, H.S. *The Origins of the SPAR-H Method's Performance Shaping Factor Multipliers*. INL/CON-07-13016. Idaho National Laboratory, 2007.
 - [73] GROZDANOVIĆ, M., STOJILJKOVIĆ, E. Framework for human error quantification : UDC 331.468. *Facta Universitatis : Philosophy, Sociology and Psychology*. 2006, Vol. 5, No. 1, pp. 131-144.
 - [74] BORING, R. L.; GERTMAN, D. I. Human error and available time in SPAR-H. In *Workshop on Temporal Aspects of Work for HCI, CHI*, 2004.
 - [75] BORYSIEWICZ, M.; FURTEK, A.; POTEPSKI, S. *Poradnik metod ocen ryzyka zwiazanego z niebezpiecznymi instalacjami procesowymi*. Otwock-Swierk : Instytut Energii Atomowej, 2000. ISBN 83-914809-0-9.
 - [76] KŘIVOHLAVÝ, J. *Člověk a stroj*. Praha : Práce. 1970. 250 p.
 - [77] PALEČEK, M. *Spolehlivost lidského činitele*. Praha : ČVUT. Fakulta strojní. Katedra ekonomiky a řízení strojírenské výroby, 1987. 135 s. Vedoucí disertační práce Doc. Ing. Lubor Chundela, CSc.
 - [78] VONKOMER, J. *Disjunktívny reakčný čas II (DRČ-II)*. Bratislava: Psychodiagnostika, 1992.
 - [79] BRICKENKAMP, R., ZILLMER, E. *Test pozornosti d2*. Praha: Testcentrum, 2000.
 - [80] AMTHAUER, R...[et al.]. *Test struktury inteligence I-S-T 2000R*. Praha: Testcentrum, 2005.
 - [81] HŘEBÍČKOVÁ, M. *Neo osobnostní inventář NEO-PI-R*. Praha: Testcentrum, 2004.

- [82] LEARY, T...[et al.]. *Dotazník interpersonální diagnózy-ICL*. Bratislava: Psychodiagnostické a didaktické testy, 1976.
- [83] JANKE, W., ERDMANNOVÁ, G. *Strategie zvládání stresu – SVF 78*. Praha: Testcentrum, 2003.
- [84] KOTEK, L., BABINEC, F. Použití metody Human HAZOP při redukci chyb operátorů. [online]. *AUTOMA*, Vol. 2009, No. 11. [cit. 2012-05-08]. Dostupný na WWW: <<http://www.odbornecasopisy.cz/res/pdf/39901.pdf>>.
- [85] IRESON, G.W. *Reliability Handbook*. New York : Mc Gran Hill Book Company, 1966.
- [86] MATOUŠEK, O. Psychologické aspekty chyb a selhání člověka. *Bezpečnost a hygiena práce*. 1998, No 12, pp. 14-18.
- [87] MATOUŠEK, O. K problému spolehlivosti člověka v technickém systému. *Bezpečná práce*. 1991, No 6, pp. 246-250.
- [88] *Error in Occupational Safety, March 13-14, 2003, Atlanta, Georgia*. American Society of Safety Engineers, 2003 [cit. 2010-01-14]. Dostupný z WWW: <[http://www.primatech.com/info/paper_layers_of_protection_analysis_for_human_factors_\(lopa-hf\)_an_improved_method_for_addressing_human_failures_in_process_hazard_analysis.pdf](http://www.primatech.com/info/paper_layers_of_protection_analysis_for_human_factors_(lopa-hf)_an_improved_method_for_addressing_human_failures_in_process_hazard_analysis.pdf)>.
- [89] SANDOM, C.; HARVEY, R. S. *Human factors for engineers*. IET, 2004. 361 s. ISBN 0863413293.
- [90] STANTON, N.; YOUNG, M. Is utility in the mind of the beholder? : a study of ergonomics methods. *Applied Ergonomics*. 1998. Vol. 29, No 1, pp. 41-54.
- [91] EMBREY, D.; ZAED, S. *A set of computer based tools identifying and preventing human error in plant operations* [online] [2009-09-24]. Dostupný z WWW: <<http://www.humanreliability.com/articles/Computer%20based%20tools%20website%20version.pdf>>.
- [92] WINCEK, J. C.; HAIGHT, J. M.. Realistic human error rates for process hazard analyses. Wiley InterScience, Volume 26, Issue 2, June 2007, pp. 95-100.
- [93] KIRWAN, B. et al. The validation of three Human Reliability Quantification techniques - THERP, HEART and JHEDI: Part II - Results of validation exercise. *Applied Ergonomics*, 1997. Vol. 28. No.1, pp. 17-25.
- [94] TRPIŠ, J. *Optimalizace postupu pro kvantitativní posouzení spolehlivosti lidského činitele v procesním průmyslu*. 2011. 76 s. Fakulta bezpečnostního inženýrství. Vysoká škola báňská - TU Ostrava. Vedoucí diplomové práce: Petr Skřehot.
- [95] BABER, C.; STANTON, N. A. Human error identification techniques applied to public technology: predictions compared with observed use. *Applied Ergonomics*, 1996. Vol. 27, No 2, pp. 119-131.

SEZNAM PŘÍLOH

- Příloha 1:** Vizualizace dialogových oken software Analýza HTA-PHEA 1.1
- Příloha 2:** Případová studie zpracovaná za využití programu Analýza HTA-PHEA 1.1
- Příloha 3:** Databáze chyb a hodnot HEP použitých v integrované metodice HTA-PHEA
- Příloha 4:** Databáze faktorů ovlivňujících výkon člověka (PIF) použitých v integrované metodice HTA-PHEA

Příloha 1: Vizualizace dialogových oken software Analýza HTA-PHEA 1.1



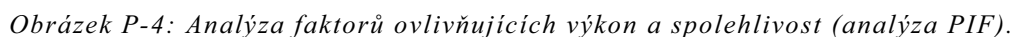
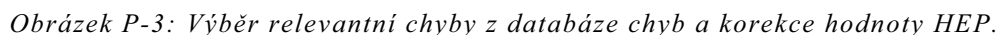
Obrázek P-1: Základní schéma dekompozice úkolu provedené pomocí metody HTA

The screenshot shows the 'Vlastnosti subúkolů: ZABÍRZDĚNÍ AC' dialog box. It has tabs for 'Sekce 0', 'Sekce 1', 'Sekce 2', 'Sekce 3', and 'Sekce 4'. The 'Vazby' section shows dependencies between sub-tasks. The 'Analýza HTA' section contains a table with the following data:

Chybový mód	Typ chyby	Relevantní chyba	HEP	PIF
Chyba činnosti (akci) A4	Přítel málo/mnoho sice	Nedostatečné dotáhnouti matek, šroubů či přírub při údržbě	0,0005 (L)	3
Chyba činnosti (akci) A7	Špatná akce na správném objektu	Přehmatnutí, či přehlédnutí při provádění rutinních a jednoduchých	0,00005 (M)	2
Chyby při získávání informací R3	Získání nekompletní informace	Poslední diagnostikování problému v propojených systémech	0,07 (M)	4

The 'Vlastnosti relevantní chyby' section shows the 'Chybový mód' as 'Chyby při získávání informací R3' and the 'Typ chyby' as 'Získání nekompletní informace'. It also displays the 'Relevantní chyba' as 'Poslední diagnostikování problému v propojených systémech' and the 'Dotčené faktory (PIF)' as 'II.1 - Umístění zařízení a přístup k němu (N)', 'II.3 - Kvalita kontrol a varování (N)', 'II.4 - Havarijní výcvik a připravenost (N)', and 'III.2 - Využívání systémových zabezpečovacích prvků a bezpečnostních bariér (I)'. The 'HEP' is 0,07 and the 'PIF' is M.

Obrázek P-2: Provádění výběru rizikových subúkolů.



**Příloha 2: Případová studie zpracovaná za využití programu
Analýza HTA-PHEA 1.1**

HTA-PHEA Analysis

Úkolový diagram

Podnik: Envichem s.r.o.

Provoz: Chabařovice

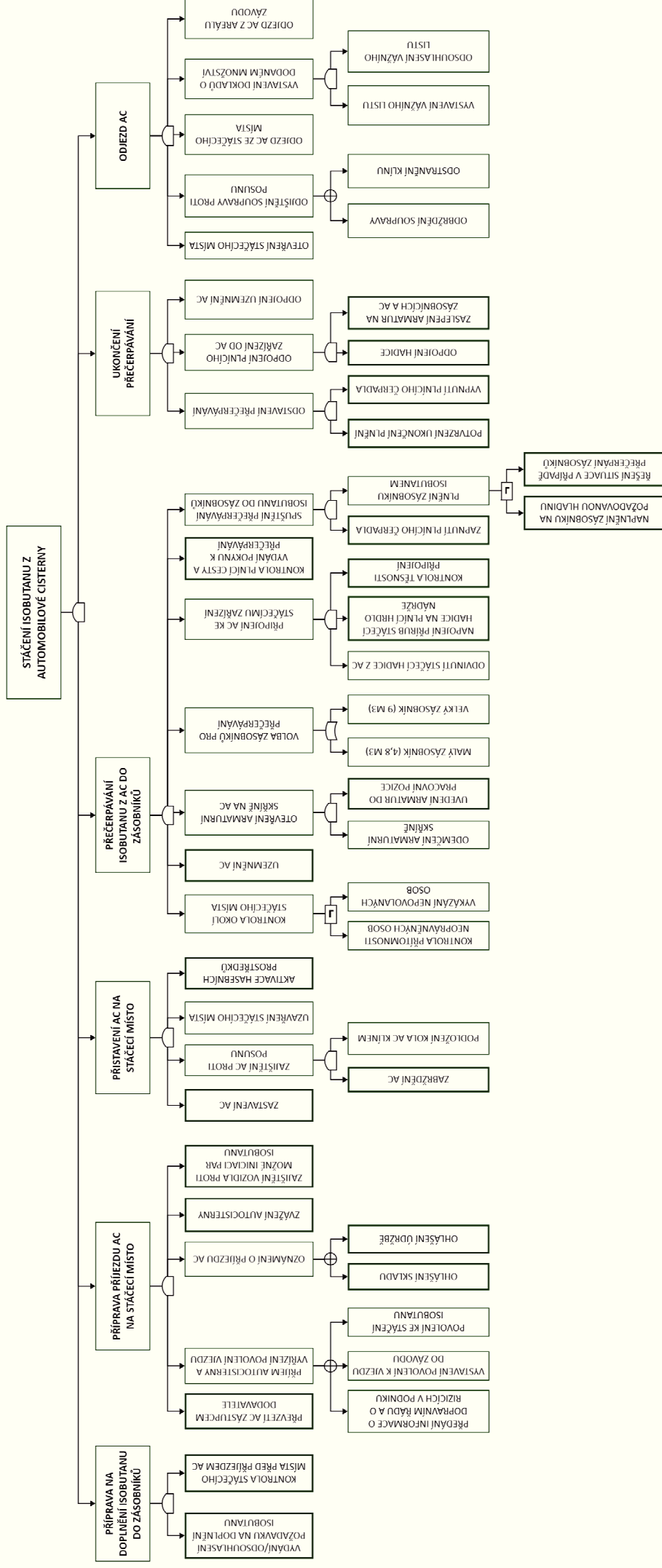
Pracovní operace: Stáčení isobutanu z automobilové cisterny

Pracovní zařízení obsluhy: řidič (externí) a pracovník údržby

Pracovní reglementy: 8/PR/2002 (Provozní řád pro skladování a stáčení isobutanu R600)

Datum: 9.6.2012

Provedl: RNDr. Petr Skřehot



Hierarchical Task Analysis

Popis návrhu

Podnik:	Envichem s.r.o.
Provoz:	Chabařovice
Pracovní operace:	Stáčení isobutanu z automobilové cisterny
Pracovní zařízení obsluhy:	řidič (externí) a pracovník údržby
Pracovní reglementy:	8/PŘ/2002 (Provozní řád pro skladování a stáčení isobutanu R600)
Datum:	09.06.2012
Provedl:	RNDr. Petr Skřehot

Popis technologie / procesu:

Sklad isobutanu (nadzemní nádrže) je situován v sousedství skladu směsi cyklopentan/isopentan. V prostoru skladu isobutanu jsou situovány i 2 ks nádrže s nehořavým chladivem R 134a (1,1,1,2 – tetrafluorethan) o objemu po 9,0 m³. Isobutan je skladován ve dvou nadzemních nádržích o objemu 4,8 a 9 m³ ve zkapalněné formě. Nádrže jsou obestavěny (ve směru k sousedním objektům) požárně stínící betonovou konstrukcí. Stáčení stanoviště je situováno na asfaltové komunikaci u skladu isobutanu a je používáno cca jednou za tři týdny pro stáčení isobutanu do nadzemních nádrží z autocisterny. Dodavatel isobutanu zajišťuje také jeho přepravu.

Zásobníky jsou dvě identické nadzemní nádrže lišící se svým objemem. Jsou to válcové tlakové stabilní ocelové nádoby s vodorovnou osou, umístěné na 2

- Výrobce : Deltagaz s.r.o., Trhový Štěpánov
- Konstrukční provedení podle výkresu č. OB/2000
- Průměr (vnější) : 1250 mm (obě nádrže)
- Objem : 2,0 a 5,0 m³
- Maximální plnění : 85 % vnitřního objemu
- Hmotnost prázdné nádoby : 550 (900) kg
- Max. pracovní přetlak : 1,56 MPa

- Výpočtový přetlak : 1,56 MPa
- Zkušební přetlak hydraulický : 2,8 MPa (zkušební médium voda, + 5-40°C)
- Nejvyšší dovolená pracovní teplota stěny : + 40 °C
- Nejnížší dovolená pracovní teplota stěny : - 20 °C
- Přídavek na korozi, erozi : 1mm
- Vnější nátěr : bílý ochranný nátěr
- Plnicí ventil: typ GOK 54010, 5/4" NPT, PN 25
- Vypouštěcí ventil kapalně fáze : typ GOK typ 55 160-17, 3/4" NPT, PN 25
- Kombinovaná armatura s tlakoměrem pro odběr plynu: typ GOK 55213-17, 3/4" NPT, PN 25
- Pojistný ventil: DN 24, PN 25I, typ pružinový, otevírací přetlak 1,56 MPa
- Ukazatel stavu náplně : typ Rochester Gauges 6281-144
- Potrubí DN 40

Cíl: STÁČENÍ ISOBUTANU Z AUTOMOBILOVÉ CISTERNY

Plán cíle 0:

1 -> 2 -> 3 -> 4 -> 5 -> 6

Operace:

- Akce 1: PŘÍPRAVA NA DOPLNĚNÍ ISOBUTANU DO ZÁSOBNÍKŮ
- Akce 2: PŘÍPRAVA PŘÍJEZDU AC NA STÁČECÍ MÍSTO
- Akce 3: PŘÍSTAVENÍ AC NA STÁČECÍ MÍSTO
- Akce 4: PŘEČERPÁVÁNÍ ISOBUTANU Z AC DO ZÁSOBNÍKŮ
- Akce 5: UKONČENÍ PŘEČERPÁVÁNÍ
- Akce 6: ODJEZD AC

Zápis akcí:

0 : (1>2>3>4>5>6)

Zpětná vazba splnění cíle:

komunikace řidiče s plničem, systém pro plnění AC, vizuální kontrola

Popis výkonu:

Kontrola plnicího místa před příjezdem AC.
Provádí: plnič

Přistavení AC.
Provádí: řidič

Plnění AC.
Provádí: plnič ve spolupráci s řidičem

Ukončení plnění AC.
Provádí: plnič ve spolupráci s řidičem

Odjezd AC.
Provádí: řidič

Podmínka:

Problémy:

Viz níže.

Doporučení:

Viz níže.

Úkol: PŘÍPRAVA NA DOPLNĚNÍ ISOBUTANU DO ZÁSObNÍKŮ

Plán úkolu 1:

1 -> 2

Operace:

- Akce 1: VYDÁNÍ/ODSOUHĹASENÍ POŹADAVKU NA DOPLNĚNÍ ISOBUTANU
Akce 2: KONTROLA STÁČECÍHO MÍSTĀ PŘED PŘÍJEZDEM AC

Zápis akcí:

1: (1>2)

ZpĚtná vazba splnění úkolu:

potvrzení požadavku na doplnĚnĚ isobutanu ze strany pracovníka nákupu

Popis výkonu:

Na základĚ automatických dálkových odečtů aktuálního množství isobutanu v zásobnících (malý a velký zásobník) vyšle operátor informaci o potvrzení požadavku na doplnĚnĚ isobutanu. Po odsouhlasení zajistí operátor požadované množství isobutanu (cca 6 tun) u smluvního dodavatele.

Provádí: pracovník nákupu

Kontrola stáČecího místa před příjezdem AC

Provádí: pracovník údržby

Podmínka:

Požadavek na doplnĚnĚ isobutanu se vydává tehdy, klesne-li celkové množství látky v obou zásobnících pod 1 tunu.

Problémy:

Doporučeni:

VYDÁNÍ/ODSOUHLASENÍ POŽADAVKU NA DOPLNĚNÍ ISOBUTANU - Analýza PHEA

Chybový mód		Typ chyby	Relevantní chyba		HEP
Dotčené faktory (PIF)			Následky chyby / selhání lidského činitele		
Chyba činností (akcí) A8		Akce opomenuta	Opomenutí provést požadovanou akci		0,001 (L)
I.1 - Pracovní vytížení (W) II.2 - Kompatibilita uživatelského interface (I) III.1 - Komunikace mezi pracovníky (N)			Není včas zajištěna dodávka isobutanu.		
Chyby při získávání informací R2		Získání chybné informace	Chyba při čtení textu a čísel		0,005 (M)
II.2 - Kvalita předávaných informací (N)			Je špatně proveden odečet z hladinového výškomeru a ostatních sdělovačů - je provedena špatná objednávka.		
Chyby ve sdělování a přenosu informací T3		Nekompletní přenos informace	Informace předávaná ústní komunikací je zkomolena nebo špatně předána		0,03 (M)
IV.2 - Komunikativnost (W)			Lidé se neporozumí a bude objednána špatná cisterna.		

Vysvětlivky HEP: L (nízká), M (střední), H (vysoká), EX (Expertní odhad), ST (Vlastní statistika nehod/skoronehod podniku), LT (Odborná literatura)

Vysvětlivky Dotčené faktory (PIF): I (zlepšení stavu), N (standardní stav), W (zhoršení stavu)

KONTROLA STÁČECÍHO MÍSTA PŘED PŘÍJEZDEM AC - Analýza PHEA

Chybový mód	Dotčené faktory (PIF)	Typ chyby	Relevantní chyba	HEP
Dotčené faktory (PIF)		Následky chyby / selhání lidského činitele		
Chyba činností (akcí) A5	Špatně uspořádaná akce (ve smyslu prostorového uspořádání)	Nesprávně provedená technická úprava zařízení, linky apod.		0,0167 (M)
I.2 - Osvětlení (W) II.3 - Obsahová stránka předpisů (N) II.3 - Obsahová stránka předpisů (N)		Neodhalení případných nedostatků na stáčecím místě.		
Chyba činností (akcí) A8	Akce opomenuta	Opomenutí provést požadovanou akci		0,01 (M)
I.1 - Pracovní vytížení (W) I.3 - Pracovní doba a pracovní přestávky (N) III.1 - Jednoznačné zodpovědnosti (I)		Není provedena kontrola stáčecího místa - nejsou odhaleny závady na stáčecím místě.		
Chyba kontroly a ověřování C4	Špatná kontrola na správném objektu	Nepozornost kontrolující osoby (např. při obchůzce, sledování záznamů z videokamer apod.)		0,1 (M)
I.1 - Pracovní vytížení (N) II.3 - Jednoznačnost a srozumitelnost předpisů (I) III.1 - Role/autorita vedoucího (I)		Nedostatečná kontrola, která neodhalí všechny případné závady na stáčecím místě.		

Vysvětlivky HEP: L (nízká), M (střední), H (vysoká), EX (Expertní odhad), ST (Vlastní statistika nehod/skoronehod podniku), LT (Odborná literatura)

Vysvětlivky Dotčené faktory (PIF): I (zlepšení stavu), N (standardní stav), W (zhoršení stavu)

Úkol: PŘÍPRAVA PŘÍJEZDU AC NA STÁČECÍ MÍSTO

Plán úkolu 2:

1 -> 2 -> 3 -> 4 -> 5

Operace:

- Akce 1: PŘEVZETÍ AC ZÁSTUPCEM DODAVATELE
- Akce 2: PŘÍJEM AUTOCISTERNY A VYŘÍZENÍ POVOLENÍ VJEZDU
- Akce 3: OZNÁMENÍ O PŘÍJEZDU AC
- Akce 4: ZVÁŽENÍ AUTOCISTERNY
- Akce 5: ZAJIŠTĚNÍ VOZIDLA PROTI MOŽNÉ INICIACI PAR ISOBUTANU

Zápis akcí:

2: (1>2>3>4>5)

Zpětná vazba splnění úkolu:

hodnota na váze, podpis řidiče v evidenční knize, příjem telefonního ohlášení, přítomnost pověřeného pracovníka

Popis výkonu:

Převzetí autocisterny zástupcem dodavatele ještě před vjezdem do areálu Envichem s.r.o.
Provádí: pověřený zástupce dodavatele, který je trvale přítomen v areálu Envichem.

Příjem autocisterny a vyřízení povolení vjezdu.
Provádí: vrátný.

Ohlášení o příjezdu AC pracovníkům skladu a údržby.
Provádí: vrátný

Zvážení autocisterny na automatické váze.
Provádí: vrátný

Zajištění vozidla proti možné iniciaci par isobutanu - před příjezdem na stáčecí stanoviště musí být vypnuto topení kabiny včetně ventilátoru, aby do započetí stáčení bylo topení dostatečně vychladlé.
Provádí: řidič

Podmínka:

Bez přítomnosti vedoucího technologie není možné povolit vjezd AC do areálu závodu.

Problémy:

Ve vnitřních předpisech není způsob provedení těchto operací detailněji popsán.

Doporučení:

Uvést způsob provedení výše uvedených operací, odpovědnosti za jejich provedení a příslušné zpětných vazeb do vnitřního předpisu společnosti.

ZVÁŽENÍ AUTOCISTERNY - Analýza PHEA

Chybový mód	Dotčené faktory (PIF)	Typ chyby	Relevantní chyba	HEP
Chyba činností (akcí) A2		Následky chyby / selhání lidského činitele		
Chyba činností (akcí) A2 II.1 - Umístění zařízení a přístup k němu (W) IV.1 - Praktické schopnosti a dovednosti pracovníka (I)	Špatně načasovaná akce		Je zahájena manipulace se zařízením v okamžiku, kdy zařízení ještě není připraveno a uvolněno.	0,0005 (M)
			Vážení je zahájeno dříve, než se AC zastaví a váha tak hlásí chybové hlášení.	
Chyba činností (akcí) A7	Špatná akce na správném objektu		Chyba při zadávání hodnot pomocí digitální dotykové klávesnice	0,2 (H)
II.3 - Specifikace vstupních a výstupních údajů (W) II.4 - Výcvik ovládání automatiky a systémů řízení (N)			Při potvrzení hodnot z váhy je provedeno chybné vložení informací o AC.	
Chyba činností (akcí) A8	Akce opomenuta		Opomenutí provedení dílčího procedurálního kroku	0,003 (L)
I.1 - Neshody uvnitř pracovního týmu (N) II.3 - Kompatibilita předpisů s provozními zkušenosťmi (I) III.1 - Komunikace mezi pracovníky (I)			Řidič zapomene zabrzdit cisternu a při vážení dojde k chybě díky pohybu.	

Vysvětlivky HEP: L (nízká), M (střední), H (vysoká), EX (Expertní odhad), ST (Vlastní statistika nehod/skoronehod podniku), LT (Odborná literatura)

Vysvětlivky Dotčené faktory (PIF): I (zlepšení stavu), N (standardní stav), W (zhoršení stavu)

PŘEVZETÍ AC ZÁSTUPCEM DODAVATELE - Analýza PHEA

Chybový mód		Typ chyby	Relevantní chyba		HEP
Dotčené faktory (PIF)			Následky chyby / selhání lidského činitele		
Chyba činností (akcí) A7		Špatná akce na správném objektu	Vytočení špatného telefonního čísla		0,01 (M)
I.2 - Osvětlení (W) II.1 - Značení a popisky (I)			Není kontaktována pověřená osoba dodavatele - nedojde k převzetí autocisterny na vrátnici.		
Chyba činností (akcí) A8		Akce opomenuta	Opomenutí provést požadovanou akci		0,01 (M)
I.3 - Pracovní směny a práce v noci (W) III.1 - Komunikace mezi pracovníky (N)			Zástupce dodavatele se nedostaví na vrátnici a vozidlo nebude převzato oprávněnou osobou.		

Vysvětlivky HEP: L (nízká), M (střední), H (vysoká), EX (Expertní odhad), ST (Vlastní statistika nehod/skoronehod podniku), LT (Odborná literatura)

Vysvětlivky Dotčené faktory (PIF): I (zlepšení stavu), N (standardní stav), W (zhoršení stavu)

ZAJIŠTĚNÍ VOZIDLA PROTI MOŽNÉ INICIACI PAR ISOBUTANU - Analýza PHEA

Chybový mód		Typ chyby	Relevantní chyba		HEP
Dotčené faktory (PIF)			Následky chyby / selhání lidského činitele		
Chyba činností (akcí) A6		Správná akce na špatném objektu	Obecná chyba provedení (např. chybné přčtení instrukce nebo popisu a následné vybrání špatného ovládače)		0,01 (H)
II.3 - Jednoznačnost a srozumitelnost předpisů (I) III.1 - Jednoznačné zodpovědnosti (I) IV.1 - Schopnost logického uvažování (I)			Není provedeno řádné zajištění protivýbuchových opatření (vypnutí topení, zákaz kouření apod.).		

Vysvětlivky HEP: L (nízká), M (střední), H (vysoká), EX (Expertní odhad), ST (Vlastní statistika nehod/skoronehod podniku), LT (Odborná literatura)

Vysvětlivky Dotčené faktory (PIF): I (zlepšení stavu), N (standardní stav), W (zhoršení stavu)

Subúkol: PŘÍJEM AUTOCISTERNY A VYŘÍZENÍ POVOLENÍ VJEZDU

Plán subúkolu 2.2:

1 -> 2 -> 3

Operace:

Akce 1: PŘEDÁNÍ INFORMACE O DOPRAVNÍM ŘÁDU A O RIZICÍCH V PODNIKU

Akce 2: VYSTAVENÍ POVOLENÍ K VJEZDU DO ZÁVODU

Akce 3: POVOLENÍ KESTÁČENÍ ISOBUTANU

Zápis akcí:

2.2: (1+2+3)

Zpětná vazba splnění subúkolu:

podpis řidiče v evidenční knize o provedeném poučení o vstupu do areálu závodu a o převzetí bezpečnostních pokynů.

Popis výkonu:

Povolení k vjezdu do závodu vydává vrátnice na základě informací z oddělení nákupu. Současně s tím je řidiči vysvětlena cesta do skladu, kde si jej přebírá pracovník skladu. Provádí: vrátný

Povolení ke stáčení isobutanu.
Provádí: oddělení nákupu

Předání řidiči informace o dopravním řádu v areálu závodu a o rizicích.
Provádí: vrátný

Podmínka:

Poznámka 1: Informační materiály jsou zpracovány v českém a anglickém jazyce doplněné o piktoqramy a plánek závodu s vyznačením stáčecích míst a skladu.

Poznámka 2: Řidič stvrdí podpisem do evidenční knihy poučení o vstupu do kontrolovaného pásma a informování o rizicích a o bezpečnostních pokynech.

Problémy:

Ve vnitřních předpisech není způsob provedení této operace popsán.

Doporučení:

Uvést způsob provedení této operace, odpovědnost za jejich provedení a příslušné zpětné vazby do vnitřního předpisu společnosti.

Subúkól: OZNÁMENÍ O PŘÍJEZDU AC

Plán subúkolu 2.3:

1 -> 2

Operace:

Akce 1: OHLÁŠENÍ SKLADU
Akce 2: OHLÁŠENÍ ÚDRŽBĚ

Zápis akci:

2.3: (1+2)

Zpětná vazba splnění subúkolu:
přijmutí telefonického ohlášení

Popis výkonu:

Ohlášení o příjezdu AC do závodu pracovníkům skladu.
Provádí: vrátný

Ohlášení o příjezdu AC do závodu pracovníkům údržby.
Provádí: vrátný

Podmínka:

Problémy:

Ve vnitřních předpisech není způsob provedení těchto operací popsán.

Doporučení:

Uvést způsob provedení těchto operací, odpovědnost za jejich provedení a příslušné zpětné vazby do vnitřního předpisu společnosti.

OHláŠENÍ SKLADU - Analýza PHEA

Chybový mód		Typ chyby	Relevantní chyba	HEP
Dotčené faktory (PIF)			Následky chyby / selhání lidského činitele	
Chyby ve sdělování a přenosu informací T1		Informace není předána dále	Špatné porozumění pokynu s následkem nepředání požadované informace	0,0001 (L)
I.3 - Pracovní doba a pracovní přestávky (N) III.1 - Komunikace mezi pracovníky (W)			Pracovníkovi skladu není předána informace o příjezdu AC a sklad není připraven k přijetí AC ke stáčení.	

Vysvětlivky HEP: L (nízká), M (střední), H (vysoká), EX (Expertní odhad), ST (Vlastní statistika nehod/skoronehod podniku), LT (Odborná literatura)

Vysvětlivky Dotčené faktory (PIF): I (zlepšení stavu), N (standardní stav), W (zhoršení stavu)

OHĽÁŠENÍ ÚDRŽBĚ - Analýza PHEA

Chybový mód		Typ chyby	Relevantní chyba	HEP
Dotčené faktory (PIF)			Následky chyby / selhání lidského činitele	
Chyby ve sdělování a přenosu informací T1		Informace není předána dále	Špatné porozumění pokynu s následkem nepředání požadované informace	0,001 (M)
I.1 - Pracovní vytížení (W) I.3 - Pracovní doba a pracovní přestávky (N) III.1 - Komunikace mezi pracovníky (W)			Pracovníkovi údržby není předána informace o příjezdu AC a údržbař se nedostaví do skladu za účelem kontroly stáječích zařízení.	

Vysvětlivky HEP: L (nízká), M (střední), H (vysoká), EX (Expertní odhad), ST (Vlastní statistika nehod/skoronehod podniku), LT (Odborná literatura)

Vysvětlivky Dotčené faktory (PIF): I (zlepšení stavu), N (standardní stav), W (zhoršení stavu)

Úkol: PŘISTAVENÍ AC NA STÁČECÍ MÍSTO

Plán úkolu 3:

1 -> 2 -> 3 -> 4

Operace:

- Akce 1: ZASTAVENÍ AC
- Akce 2: ZAJIŠTĚNÍ AC PROTI POSUNU
- Akce 3: UZAVŘENÍ STÁČECÍHO MÍSTO
- Akce 4: AKTIVACE HASEBNÍCH PROSTŘEDKŮ

Zápis akcí:

3: (1>2>3>4)

Zpětná vazba splnění úkolu:

vizuální kontrola pozice soupravy, kontrola brzd a klínů, umístění výstražného terče, umístění hasicích přístrojů na určené místo

Popis výkonu:

Zastavení AC na vyhrazeném místě označeném červeným horizontálním značením.
Provádí: řidič

Zajištění AC proti posunu.
Provádí: řidič

Uzavření stáčecího místa - provádí se pomocí výstražných terčů.
Provádí: pracovník údržby

Aktivace hasebních prostředků - hasicí přístroje (jak na stáčecím místě, tak na vozidle) se připraví pro případ možného použití.
Provádí: pracovník údržby a řidič

Podmínka:

Výstražný terč musí být umístěn na předepsaném místě a musí být dostatečně viditelný.

Problémy:

Ve vnitřních předpisech není způsob provedení těchto operací popsán.

Doporučení:

Uvést způsob provedení výše uvedených operací, odpovědnosti za jejich provedení a příslušné zpětných vazeb do vnitřního předpisu společnosti.

ZASTAVENÍ AC - Analýza PHEA

Chybový mód	Dotčené faktory (PIF)	Typ chyby	Relevantní chyba	HEP
Dotčené faktory (PIF)		Typ chyby	Následky chyby / selhání lidského činitele	
Chyba činností (akcí) A7		Špatná akce na správném objektu	Přehmátnutí, či přehlédnutí při provádění rutinních a jednoduchých pracovních operací prováděných řádně podle předepsaného postupu	0,0001 (H)
I.2 - Osvětlení (N) II.1 - Značení a popisky (N)			Řidič nezastaví na požadovaném místě na stáčecím stanovišti.	

Vysvětlivky HEP: L (nízká), M (střední), H (vysoká), EX (Expertní odhad), ST (Vlastní statistika nehod/skoronehod podniku), LT (Odborná literatura)

Vysvětlivky Dotčené faktory (PIF): I (zlepšení stavu), N (standardní stav), W (zhoršení stavu)

AKTIVACE HASEBNÍCH PROSTŘEDKŮ - Analýza PHEA

Chybový mód	Typ chyby		Relevantní chyba	HEP
Dotčené faktory (PIF)			Následky chyby / selhání lidského činitele	
Chyba činností (akcí) A6	Správná akce na špatném objektu	Obecná chyba provedení (např. chybné přčtení instrukce nebo popisu a následné vybrání špatného ovládače)	0,001 (L)	
II.3 - Kvalita kontrol a varování (I) II.4 - Havarijní výcvik a připravenost (I) II.4 - Výcvik ovládání automatiky a systémů řízení (I)		Nejsou aktivovány hasební prostředky.		
Chyby v plánování P1	Předpoklady plánu jsou ignorovány	Bezpečnostní funkce systému byly během údržby chybně přenastaveny	0,0018 (M)	
I.1 - Uvědomování si nebezpečí (I) I.3 - Časová náročnost pracovního úkolu (W) II.2 - Rozlišení sdělovačů a ovládačů (I)		Hasební prostředky byly aktivovány nedostatečně anebo chybně.		

Vysvětlivky HEP: L (nízká), M (střední), H (vysoká), EX (Expertní odhad), ST (Vlastní statistika nehod/skoronehod podniku), LT (Odborná literatura)

Vysvětlivky Dotčené faktory (PIF): I (zlepšení stavu), N (standardní stav), W (zhoršení stavu)

Subúkól: ZAJIŠTĚNÍ AC PROTI POSUNU

Plán subúkolu 3.2:

1 -> 2

Operace:

Akce 1: ZABRŽDĚNÍ AC

Akce 2: PODLOŽENÍ KOLA AC KLÍNEM

Podmínka:

Zápis akcí:

3.2: (1>2)

Zpětná vazba splnění subúkolu:

vizuální kontrola polohy ruční brzdy a klínů. Kontrolu řádného zajištění proti posunu provádí ještě pracovník údržby.

Popis výkonu:

Zabrždění AC.

Provádí: řidič

Podložení zadního kola AC klínem.

Provádí: řidič, kontroluje pracovník údržby

ZABRZDĚNÍ AC - Analýza PHEA

Chybový mód		Typ chyby	Relevantní chyba		HEP
Dotčené faktory (PIF)			Následky chyby / selhání lidského činitele		
Chyba činností (akcí) A4		Příliš málo/mnoho akce	Nedostatečné dotáhnutí matek, šroubů či přírub při údržbě		0,0005 (L)
I.1 - Náhlost výskytu problému (W) III.1 - Jednoznačné zodpovědnosti (N) IV.2 - Sebekontrola (I)			Uvolnění přečerpávacího potrubí díky uvolnění armatur vlivem vibrací a pohybu AC při stáčení.		
Chyba činností (akcí) A7		Špatná akce na správném objektu	Přehmátnutí, či přehlédnutí při provádění rutinních a jednoduchých pracovních operací prováděných řádně podle předepsaného postupu		0,00005 (M)
II.3 - Kvalita kontrol a varování (I) III.2 - Využívání systémových zabezpečovacích prvků a bezpečnostních bariér (N)			Řidič nezajistí AC proti posunu, což má za následek přenášení vibrací na stáčení zařízení.		
Chyby při získávání informací R3		Získání nekompletní informace	Pozdní diagnostikování problému v propojených systémech		0,07 (M)
II.1 - Umístění zařízení a přístup k němu (N) II.3 - Kvalita kontrol a varování (N) II.4 - Havarijní výcvik a připravenost (N) III.2 - Využívání systémových zabezpečovacích prvků a bezpečnostních bariér (I)			Únik isobutanu v případě vzniku netěsnosti na přečerpávací trase.		

Vysvětlivky HEP: L (nízká), M (střední), H (vysoká), EX (Expertní odhad), ST (Vlastní statistika nehod/skoronehod podniku), LT (Odborná literatura)

Vysvětlivky Dotčené faktory (PIF): I (zlepšení stavu), N (standardní stav), W (zhoršení stavu)

Úkol: PŘEČERPÁVÁNÍ ISOBUTANU Z AC DO ZÁSObNÍKŮ

Plán úkolu 4:

1 -> 2 -> 3 -> 4 -> 5 -> 6 -> 7

Operace:

- Akce 1: KONTROLA OKOLÍ STÁČECÍHO MÍSTA
- Akce 2: UZEMNĚNÍ AC
- Akce 3: OTEVŘENÍ ARMATURNÍ SKŘÍNĚ NA AC
- Akce 4: VOLBA ZÁSObNÍKŮ PRO PŘEČERPÁVÁNÍ
- Akce 5: PŘÍPOJENÍ AC KE STÁČECÍMU ZAŘÍZENÍ
- Akce 6: KONTROLA PLNÍCÍ CESTY A VYDÁNÍ POKYNU K PŘEČERPÁVÁNÍ
- Akce 7: SPUSŤENÍ PŘEČERPÁVÁNÍ ISOBUTANU DO ZÁSObNÍKŮ

Zápis akcí:

4: (1>2>3>4>5>6>7)

Zpětná vazba splnění úkolu:

kontrola přečerpávacího místa a okolí, vizuální kontrola armatur a přečerpávacích hadic, hodnota na průtokoměru

Popis výkonu:

Kontrola okolí plnicího místa.
Provádí: pracovník údržby

Uzemnění AC - provádí se pomocí zemnicího drátu jeho ukotvením na zemnicí bod.
Provádí: řidič; kontrolu uzemnění provádí pracovník údržby

Otevření armaturní skříně na AC.
Provádí: řidič.

Volba zásobníků pro přečerpávání isobutanu.
Provádí pracovník údržby.

Připojení AC ke stáčecímu zařízení.
Provádí: řidič

Kontrola plnicí cesty a vydání pokynu k přečerpávání isobutanu.
Provádí: pracovník údržby.

Spuštění přečerpávání isobutanu do zásobníků.
Provádí: řidič

Podmínka:

Mezi uvedením cisterny do klidu a připojování stáčecích hadic k armaturám na zásobnících musí být dodržena předepsaná čekací doba 10 minut, nutná k odvodu převážné části náboje z kapaliny v CA do země, dostatečná k vyrovnání nábojů uvnitř naplněné cisterny CA po ukončení jízdy.

Při poškození armatur, nadzemní nádrže s isobutanem, tlakoměru nebo uzemňovací soustavy nesmí být stáčení prováděno. Stejně tak nesmí být stáčení prováděno při prošlé revizi tlakové nádoby a plynového zařízení nadzemní nádrže.

Problémy:

viz níže

Doporučení:

viz níže

KONTROLA PLNÍCÍ CESTY A VYDÁNÍ POKYNU K PŘEČERPÁVÁNÍ - Analýza PHEA

Chybový mód	Dotčené faktory (PIF)	Typ chyby	Relevantní chyba	HEP
Následky chyby / selhání lidského činitele				
Chyba činnosti (akcí) A5		Špatně uspořádaná akce (ve smyslu prostorového uspořádání)	Ventil klíčový z hlediska funkce bezpečnostního systému nebyl správně instalován	0,0003 (L)
II.3 - Kvalita kontrol a varování (I) III.1 - Komunikace mezi pracovníky (I) IV.2 - Sebekontrola (N)			Přečerpávání isobutanu se nezdaří - dopjde k výpadku čerpadla.	
Chyba kontroly a ověřování C1		Kontrola opomenuta/nedostatečná kontrola	Neodhalení chybné instalace součástky nebo dílu	0,05 (H)
II.1 - Umístění zařízení a přístup k němu (N) IV.1 - Praktické schopnosti a dovednosti pracovníka (N)			Přečerpávání isobutanu nebude spuštěno - automatický systém zablokuje spuštění.	
Chyba kontroly a ověřování C1		Kontrola opomenuta/nedostatečná kontrola	Neodhalení napojení špatného ventilu, armatury či trubky o jiné velikosti	0,001 (L)
II.3 - Specifikace vstupních a výstupních údajů (N) IV.1 - Praktické schopnosti a dovednosti pracovníka (N)			Isobutan bude při přečerpávání unikát drobnou netěsností.	
Chyba kontroly a ověřování C4		Špatná kontrola na správném objektu	Nepozornost kontrolující osoby (např. při obchůzce, sledování záznamů z videokamer apod.)	0,4 (H)
II.1 - Umístění zařízení a přístup k němu (N) II.4 - Návčik neznámých a mimořádných situací (I) II.4 - Různé požadavky na bezpečnost provozu vs. požadavky na objem výroby (N) III.2 - Uplatnění zpětných vazeb a předávání zkušeností od ostatních (tzn. systém učící se organizace) (I) III.2 - Využívání systémových zabezpečovacích prvků a bezpečnostních bariér (N) IV.1 - Praktické schopnosti a dovednosti pracovníka (I) IV.1 - Praktické schopnosti a dovednosti pracovníka (N)			Armatury nejsou řádně dotaženy a ventily plně otevřeny - přečerpávní bude buď automaticky vypnuto po několika vteřinách po spuštění, anebo dojde k uvolnění amatury a úniku isubutanu.	

Vysvětlivky HEP: L (nízká), M (střední), H (vysoká), EX (Expertní odhad), ST (Vlastní statistika nehod/skoronehod podniku), LT (Odborná literatura)

Vysvětlivky Dotčené faktory (PIF): I (zlepšení stavu), N (standardní stav), W (zhoršení stavu)

UZEMNĚNÍ AC - Analýza PHEA

Chybový mód		Typ chyby	Relevantní chyba	HEP
Dotčené faktory (PIF)		Následky chyby / selhání lidského činitele		
Chyba činností (akcí) A7		Špatná akce na správném objektu	Nedostatečně provedené technické nastavení zařízení (s následkem nedostatečného napájení, nižšího průtoku apod.)	0,065 (H)
III.1 - Vymezení pracovní náplně zaměstnanců (N) III.2 - Bezpečnostní požadavky a pravidla (příručky, nařízení apod.) (N) IV.1 - Praktické schopnosti a dovednosti pracovníka (I) IV.1 - Schopnost logického uvažování (I)		výbuch isobutanu při přečerpávání následkem akumulace povrchového náboje.		

Vysvětlivky HEP: L (nízká), M (střední), H (vysoká), EX (Expertní odhad), ST (Vlastní statistika nehod/skoronehod podniku), LT (Odborná literatura)

Vysvětlivky Dotčené faktory (PIF): I (zlepšení stavu), N (standardní stav), W (zhoršení stavu)

Subúkól: KONTROLA OKOLÍ STÁČECÍHO MÍSTA

Plán subúkolu 4.1:

1 -> 2

Popis výkonu:

Kontrola přítomnosti neoprávněných osob.

Provádí: pracovník údržby

V případě výskytu neoprávněných osob, nutno tyto vykázat mimo prostor stáčecího místa.

Provádí: pracovník údržby

Operace:

Akce 1: KONTROLA PŘÍTOMNOSTI NEOPráVNĚNÝCH OSOB

Akce 2: VYKÁZÁNÍ NEPOVOLANÝCH OSOB

Podmínka:

Za všech okolností je nutné v okruhu 10 m od stáčecího místa dodržovat zákaz kouření a manipulace s plamenem.

Zápis akcí:

4.1: (1-2)

Problémy:

Zpětná vazba splnění subúkolu:

vizuální kontrola přítomnosti cizích osob

Doporučení:

Subúkól: OTEVŘENÍ ARMATURNÍ SKŘÍNĚ NA AC

Plán subúkolu 4.3:

1 -> 2

Popis výkonu:
Odemčení armaturní skříně.
Provádí: řidič

Uvedení armatur na AC do pracovní pozice.
Provádí: řidič

Operace:

Akce 1: ODEMČENÍ ARMATURNÍ SKŘÍNĚ
Akce 2: UVEDENÍ ARMATUR DO PRACOVNÍ POZICE

Podmínka:

Zápis akcí:

4.3: (1>2)

Problémy:

Zpětná vazba splnění subúkolu:

dvířka armaturní skříně jsou otevřené

Doporučení:

UVEDENÍ ARMATUR DO PRACOVNÍ POZICE - Analýza PHEA

Chybový mód		Typ chyby	Relevantní chyba		HEP
Dotčené faktory (PIF)			Následky chyby / selhání lidského činitele		
Chyba činností (akcí) A2		Špatně načasovaná akce	Je zahájena manipulace se zařízením v okamžiku, kdy zařízení ještě není připraveno a uvolněno.		0,00001 (L)
II.3 - Kompatibilita předpisů s provozními zkušenostmi (N) II.3 - Kvalita kontrol a varování (I)			Provedené spojení není dostatečně těsné nebo pevné.		
Chyba kontroly a ověřování C1		Kontrola opomenuta/nedostatečná kontrola	Neodhalení napojení špatného ventilu, armatury či trubky o jiné velikosti		0,001 (L)
II.1 - Značení a popisky (I) II.3 - Specifikace vstupních a výstupních údajů (I)			Armatury nejsou uvedeny řádně do pracovní pozice.		

Vysvětlivky HEP: L (nízká), M (střední), H (vysoká), EX (Expertní odhad), ST (Vlastní statistika nehod/skoronehod podniku), LT (Odborná literatura)

Vysvětlivky Dotčené faktory (PIF): I (zlepšení stavu), N (standardní stav), W (zhoršení stavu)

Subúkol: VOLBA ZÁSObNÍKŮ PRO PŘEČERPÁVÁNÍ

Plán subúkolu 4.4:

1 -> 2

Operace:

Akce 1: MALÝ ZÁSObNÍK (4,8 M3)

Akce 2: VELKÝ ZÁSObNÍK (9 M3)

Zápis akcí:

4.4: (1/2)

Zpětná vazba splnění subúkolu:

vizuální kontrola

Popis výkonu:

Volba plnění malého zásobníku (napojovací armatura R 600 a).

Provádí: pracovník údržby na základě informací od pracovníka skladu

Volba plnění malého zásobníku (napojovací armatura R 600 b).

Provádí: pracovník údržby na základě informací od pracovníka skladu

Podmínka:

Problémy:

Ve vnitřním předpise není dostatečně specifikován způsob provedení úkolu.

Doporučení:

Ve vnitřním předpise popsat nutnost provádět tento úkon.

Subúkól: PŘÍPOJENÍ AC KE STÁČECÍMU ZAŘÍZENÍ

Plán subúkolu 4.5:

1 -> 2 -> 3

Operace:

- Akce 1: ODVINUTÍ STÁČECÍ HADICE Z AC
- Akce 2: NAPOJENÍ PŘÍRUB STÁČECÍ HADICE NA PLNÍCÍ HRDLO NÁDRŽE
- Akce 3: KONTROLA TĚSNOSTI PŘÍPOJENÍ

Zápis akci:

4.5: (1>2>3)

Zpětná vazba splnění subúkolu:

vizuální kontrola

Popis výkonu:

Odvinutí stáčecí hadice z AC.

Provádí: řidič

Napojení přírub stáčecí hadice na plnicí hrdlo nádrže.

Provádí: řidič + pracovník údržby

Kontrola těsnosti připojení - provádí se pootevřením ventilu nádrže.

Provádí: řidič ve spolupráci s pracovníkem údržby

Podmínka:

Při odvíjení hadice je nutno dbát na neporazení hadice ostrými předměty a chránit hadici před zlomením.

Obě části armatur musejí mít standardizovaný závit typu ACME s lichoběžníkovým profilem (1,75 palce).

Problémy:

Doporučení:

NAPOJENÍ PŘÍRUB STÁČECÍ HADICE NA PLNÍCI HRDLO NÁDRŽE - Analýza PHEA

Chybový mód	Dotčené faktory (PIF)	Typ chyby	Relevantní chyba	HEP
Dotčené faktory (PIF)		Následky chyby / selhání lidského činitele		
Chyba činností (akcí) A5	Špatně uspořádaná akce (ve smyslu prostorového uspořádání)	Nesprávné nastavení přečerpávacích tras	0,01 (H)	
I.1 - Pracovní vytížení (W) II.1 - Značení a popisky (N) II.2 - Kvalita předávaných informací (N) II.3 - Specifikace vstupních a výstupních údajů (I) III.1 - Komunikace mezi pracovníky (I)		Napojení přečerpávací trasy z AC do jiného zásobníku, než je předepsáno.		
Chyba činností (akcí) A5	Špatně uspořádaná akce (ve smyslu prostorového uspořádání)	Překroucení či nesprávné smotání hadice určené k přečerpávání s následkem přerušení toku či poškození hadice	0,001 (H)	
II.1 - Umístění zařízení a přístup k němu (I) II.3 - Kvalita kontrol a varování (N) IV.1 - Praktické schopnosti a dovednosti pracovníka (N)		Přečerpávací cesta je přerušena nebo není vhodně napojena.		
Chyba činností (akcí) A5	Špatně uspořádaná akce (ve smyslu prostorového uspořádání)	Těsnění není umístěno správně	0,05 (M)	
II.3 - Kvalita kontrol a varování (N) II.3 - Podpora pro diagnózu chyb (W) IV.1 - Praktické schopnosti a dovednosti pracovníka (I)		Vzniklou netěsností může unikat isobutan.		
Chyba činností (akcí) A6	Správná akce na špatném objektu	Obsluha otevře vypouštěcí ventily na špatné nádrži	0,0005 (L)	
I.1 - Pracovní vytížení (W) I.2 - Osvětlení (W) II.4 - Výcvik ovládání automatiky a systémů řízení (N)		Isobutan bude přečerpán do jiné nádrže.		

Vysvětlivky HEP: L (nízká), M (střední), H (vysoká), EX (Expertní odhad), ST (Vlastní statistika nehod/skoronehod podniku), LT (Odborná literatura)

Vysvětlivky Dotčené faktory (PIF): I (zlepšení stavu), N (standardní stav), W (zhoršení stavu)

NAPOJENÍ PŘÍRUB STÁČECÍ HADICE NA PLNÍCÍ HRDLO NÁDRŽE - Analýza PHEA

Chybový mód	Typ chyby	Relevantní chyba	HEP
Dotčené faktory (PIF)		Následky chyby / selhání lidského činitele	
Chyba činností (akcí) A9	Akce nedokončena	Špatné uzavření ventilů či armatur	0,0018 (M)
II.1 - Umístění zařízení a přístup k němu (N) IV.1 - Praktické schopnosti a dovednosti pracovníka (N)		-	

Vysvětlivky HEP: L (nízká), M (střední), H (vysoká), EX (Expertní odhad), ST (Vlastní statistika nehod/skoronehod podniku), LT (Odborná literatura)

Vysvětlivky Dotčené faktory (PIF): I (zlepšení stavu), N (standardní stav), W (zhoršení stavu)

KONTROLA TĚSNOSTI PŘIPOJENÍ - Analýza PHEA

Chybový mód		Typ chyby	Relevantní chyba		HEP
Dotčené faktory (PIF)			Následky chyby / selhání lidského činitele		
Chyba kontroly a ověřování C1		Kontrola opomenuta/nedostatečná kontrola	Neodhalení napojení špatného ventilu, armatury či trubky o jiné velikosti		0,0021 (M)
I.2 - Osvětlení (W) II.1 - Umístění zařízení a přístup k němu (W) III.1 - Komunikace mezi pracovníky (N) III.1 - Vymezení pracovní náplně zaměstnanců (N)					
Chyba kontroly a ověřování C6		Špatná kontrola na špatném objektu	Provedení nedostatečné/neodborné kontroly na špatně zvoleném zařízení či při provádění jiných činností, než těch, které mají být kontrole podrobeny (např. údržby apod.)		0,0001 (M)
II.4 - Různé požadavky na bezpečnost provozu vs. požadavky na objem výroby (N) III.1 - Jednoznačné zodpovědnosti (I)			Únik isobutanu při přecerpávání.		

Vysvětlivky HEP: L (nízká), M (střední), H (vysoká), EX (Expertní odhad), ST (Vlastní statistika nehod/skoronehod podniku), LT (Odborná literatura)

Vysvětlivky Dotčené faktory (PIF): I (zlepšení stavu), N (standardní stav), W (zhoršení stavu)

Subúkól: SPUŠTĚNÍ PŘEČERPÁVÁNÍ ISOBUTANU DO ZÁSObNÍKŮ

Plán subúkolu 4.7:

1 -> 2

Operace:

Akce 1: ZAPNUTÍ PLNÍČÍHO ČERPADLA

Akce 2: PLNĚNÍ ZÁSObNÍKU ISOBUTANEM

Zápis akcí:

4.7: (1>2)

Zpĕtná vazba splnění subúkolu:

vizuální kontrola nastavení hadic, sledování hodnot na průtokoměru AC, sledování hodnot na hladinoměru zásobníků, sledování indikačního ventilku (nesmí unikát kapalná fáze)

Popis výkonu:

Zapnutí plnícího čerpadla.

Provádí: řidič

Plnění zásobníků isobutanem.

Provádí: řidič; dohlíží pracovník údržby a pracovník Linde Gas, a.s.

Podmínka:

Poznámka 1: Zásobníky je možno plnit pouze na 85 % jejich kapacity.

Poznámka 2: Pro případ, že by došlo k porušení hadice nebo její utržení při přečerpávání, je přečerpávací trasa vybavena dvěma zpĕtnými klapkami, které při změně tlaku uzavrou výpusť ze zásobníků i z AC. Únik isobutanu tak může dosáhnout max. 10 kg, což je množství přítomné v přečerpávací hadici.

Problémy:

Doporučení:

ZAPNUTÍ PLNÍČÍHO ČERPADLA - Analýza PHEA

Chybový mód		Typ chyby	Relevantní chyba		HEP
Dotčené faktory (PIF)			Následky chyby / selhání lidského činitele		
Chyba činností (akcí) A1		Příliš krátká/dlouhá akce	Chyba v přesnosti při nastavování ovládaných veličin		0,01 (L)
II.2 - Kvalita předávaných informací (N) II.2 - Rozlišení sdělovačů a ovládačů (I) II.3 - Podpora pro diagnózu chyb (I)			Nesprávně vypočtené množství isobutanu pro přecherpání. 		
Chyba činností (akcí) A7		Špatná akce na správném objektu	Chyba při zadávání hodnot pomocí digitální dotykové klávesnice		0,03 (L)
II.2 - Kompatibilita uživatelského interface (W) II.2 - Rozlišení sdělovačů a ovládačů (N) IV.2 - Sebekontrola (I)			Do automatu řídicího přecherpávání je vložena nesprávná hodnota . 		
Chyba činností (akcí) A7		Špatná akce na správném objektu	Operátor otočí vypínač do špatné polohy		0,008 (L)
II.1 - Umístění zařízení a přístup k němu (W) II.2 - Kompatibilita uživatelského interface (N) IV.1 - Praktické schopnosti a dovednosti pracovníka (I)			Čerpadlo se nespustí. 		

Vysvětlivky HEP: L (nízká), M (střední), H (vysoká), EX (Expertní odhad), ST (Vlastní statistika nehod/skoronehod podniku), LT (Odborná literatura)

Vysvětlivky Dotčené faktory (PIF): I (zlepšení stavu), N (standardní stav), W (zhoršení stavu)

Plán subúkolu 4.7.2:

1 -> 2

Operace:

- Akce 1: NAPLNĚNÍ ZÁSObNÍKU NA POŽADOVANOU HLADINU
- Akce 2: ŘEŠENÍ SITUACE V PŘÍPADĚ PŘEČERPÁNÍ ZÁSObNÍKŮ

Zápis akcí:

4.7.2: (1-2)

Zpětná vazba splnění subúkolu:

sledování hodnot na hladinoměru na zásobnících

Popis výkonu:

Naplnění zásobníku se smí provádět jen na 85%.
Provádí: řidič

V případě přečerpání zásobníku na více jak 85% je nutné řešit vzniklou situaci:

- a) přepuštěním nadbytečného množství isobutanu do druhého zásobníku anebo
- b) přepustit po dohodě s pracovníky výroby nadbytečné množství isobutanu do provozních zásobníků ve výrobě.

Provádí: pracovník údržby ve spolupráci s pracovníky výroby

Podmínka:

Průběh přečerpávání musí průběžně sledovat všichni přítomní a dbát na bezpečnost procesu (řidič, pracovník údržby a pracovník dodavatele).

Při eventuální poruše během přečerpávání dá pracovník údržby pokyn řidiči AC pokyn k přerušení stáčení.

Při úniku stáčené látky je nutné stáčení ihned přerušit a do doby zjištění příčiny úniku nesmí být stáčení dále prováděno.

Problémy:

Přečerpávání isobutanu je ovládanou pouze v manuálním režimu, takže v případě přehlednutí hladinoměru řidičem i pracovníkem údržby může dojít k přečerpání zásobníku na nevolený objem 85 %. Dosažení hladiny 85 %, není nitak signalizováno

Doporučení:

Věnovat zvýšenou pozornost výšce hladiny v plněných zásobnících, popř. zvážit možnost zavedení technického opatření, které umožní vydávat zvukový signál v případě naplnění zásobníku na požadovanou hodnotu

NAPLNĚNÍ ZÁSObNÍKU NA POŽADOVANOU HLADINU - Analýza PHEA

Chybový mód	Dotčené faktory (PIF)	Typ chyby	Relevantní chyba	HEP
Dotčené faktory (PIF)		Následky chyby / selhání lidského činitele		
Chyba činností (akcí) A4	Příliš málo/mnoho akce	Přeplnění skladovacích kapacit	0,003 (M)	
I.1 - Pracovní vytížení (W) II.2 - Kompatibilita uživatelského interface (N) IV.2 - Duchapřítomnost (I)		Přeplnění zásobníku nad požadovanou hladinu, resp. nedoplnění do požadované hladiny.		
Chyba činností (akcí) A6	Správná akce na špatném objektu	Výběr špatného ovládače/vypínače na základě nedostatečných znalostí	0,00001 (L)	
I.2 - Osvětlení (W) II.1 - Značení a popisky (N) II.3 - Jednoznačnost a srozumitelnost předpisů (W) II.4 - Výcvik ovládání automatiky a systémů řízení (I)		Zablokování procedury plnění, popř. přerušeni plnění.		
Chyba činností (akcí) A8	Akce opomenuta	Ručně uzavíratelné ventily nejsou po ukončení pracovního úkonu řádně uzavřeny	0,1 (H)	
I.2 - Teplota prostředí (W) II.1 - Umístění zařízení a přístup k němu (W) II.4 - Návčik neznámých a mimořádných situací (I) III.2 - Využívání systémových zabezpečovacích prvků a bezpečnostních bariér (N)		-		

Vysvětlivky HEP: L (nízká), M (střední), H (vysoká), EX (Expertní odhad), ST (Vlastní statistika nehod/skoronehod podniku), LT (Odborná literatura)

Vysvětlivky Dotčené faktory (PIF): I (zlepšení stavu), N (standardní stav), W (zhoršení stavu)

ŘEŠENÍ SITUACE V PŘÍPADĚ PŘEČERPÁNÍ ZÁSObNÍKŮ - Analýza PHEA

Chybový mód	Dotčené faktory (PIF)	Typ chyby	Relevantní chyba	HEP
			Následky chyby / selhání lidského činitele	
Chyba činností (akcí) A10		Špatná akce na špatném objektu	Signalizační zařízení informující o úniku nebezpečné látky nebo záření je záměrně vyřazeno z provozu	0,005 (H)
II.4 - Výcvik ovládání automatiky a systémů řízení (N) III.2 - Přístup managementu (W)			Automatika nevypne přečerpávání v případě vzniku problému - vše se děje v manuálním režimu.	
Chyba kontroly a ověřování C1		Kontrola opomenuta/nedostatečná kontrola	Neodhalení chyby v provedení složitého výpočtu	0,1 (L)
II.4 - Havarijní výcvik a připravenost (I) IV.2 - Duchapřítomnost (I)			Nezvládnutí situace a přeplnění zásobníku nad kritickou úroveň.	
Chyby v plánování P1		Předpoklady plánu jsou ignorovány	Bezpečnostní funkce systému byly během údržby chybně přenastaveny	0,0018 (M)
II.4 - Různé požadavky na bezpečnost provozu vs. požadavky na objem výroby (N)			Nezvládnutí situace a přeplnění zásobníku nad kritickou úroveň.	
Chyby v plánování P1		Předpoklady plánu jsou ignorovány	Přeplnění zásobníků nad jejich limit	0,003 (M)
IV.1 - Praktické schopnosti a dovednosti pracovníka (N) IV.2 - Sebekontrola (N)			Nezvládnutí situace a přeplnění zásobníku nad kritickou úroveň.	
Chyby při získávání informací R3		Získání nekompletní informace	Pozdní diagnostikování problému v propojených systémech	0,023 (L)
II.2 - Kompatibilita uživatelského interface (N) II.2 - Kvalita předávaných informací (I) II.2 - Rozlišení sdělovačů a ovládačů (W) II.3 - Jednoznačnost a srozumitelnost předpisů (N) III.1 - Komunikace mezi pracovníky (W)			Nezvládnutí situace a přeplnění zásobníku nad kritickou úroveň.	

Vysvětlivky HEP: L (nízká), M (střední), H (vysoká), EX (Expertní odhad), ST (Vlastní statistika nehod/skoronehod podniku), LT (Odborná literatura)

Vysvětlivky Dotčené faktory (PIF): I (zlepšení stavu), N (standardní stav), W (zhoršení stavu)

Úkol: UKONČENÍ PŘEČERPÁVÁNÍ

Plán úkolu 5:

1 -> 2 -> 3

Operace:

Akce 1: Odstavení přečerpávání

Akce 2: Odpojení plnicího zařízení od AC

Akce 3: Odpojení uzemnění AC

Popis výkonu:

Odstavení přečerpávání.
Provádí: řidič

Odpojení přečerpávací hadice.
Provádí: řidič

Odpojení uzemnění AC.
Provádí: řidič

Uzavření armatur na plnicí cestě.
Provádí: řidič ve spolupráci s pracovníkem údržby

Podmínka:

Zápis akcí:

5: (1>2>3)

Zpětná vazba splnění úkolu:

vizuální kontrola polohy přečerpávací hadice, polohy zemnicího drátu, uzavíracích armatur a manometrů

Problémy:

viz níže

Doporučení:

viz níže

Subúkól: ODSŤAVENÍ PŘEČERPÁVÁNÍ

Plán subúkolu 5.1:

1 -> 2

Operace:

Akce 1: POTVRZENÍ UKONČENÍ PLNĚNÍ
Akce 2: VYPNUTÍ PLNÍČÍHO ČERPADLA

Zápis akci:

5.1: (1>2)

Zpětná vazba splnění subúkolu:

ukazatel výšky hladiny, zápis na určeném formuláři

Popis výkonu:

Vypnutí plnícího čerpadla po naplnění zásobníku na 85%.
Provádí: řidič ve spolupráci s pracovníkem údržby

Potvrzení o ukončení stáčení záznamem na určený formulář.
Provádí: pracovník údržby

Podmínka:

Problémy:

Doporučení:

VYPNUTÍ PLNÍČÍHO ČERPADLA - Analýza PHEA

Chybový mód		Typ chyby	Relevantní chyba		HEP
Dotčené faktory (PIF)			Následky chyby / selhání lidského činitele		
Chyba činností (akcí) A6		Správná akce na špatném objektu	Výběr špatného ovládače/vypínače na základě nedostatečných znalostí		0,0001 (M)
II.2 - Rozlišení sdělovačů a ovládačů (I) II.3 - Podpora pro diagnózu chyb (N) IV.1 - Schopnost logického uvažování (I)			Nedojde k vypnutí čerpadla.		

Vysvětlivky HEP: L (nízká), M (střední), H (vysoká), EX (Expertní odhad), ST (Vlastní statistika nehod/skoronehod podniku), LT (Odborná literatura)

Vysvětlivky Dotčené faktory (PIF): I (zlepšení stavu), N (standardní stav), W (zhoršení stavu)

POTVRZENÍ UKONČENÍ PLNĚNÍ - Analýza PHEA

Chybový mód		Typ chyby	Relevantní chyba		HEP
Dotčené faktory (PIF)			Následky chyby / selhání lidského činitele		
Chyba kontroly a ověřování C3 I.1 - Pracovní vytížení (N) II.2 - Kvalita předávaných informací (N)		Správná kontrola na špatném objektu	Kontrola řízení procesu je prováděna, ale nejsou do ní zahrnuty kontroly manuálních činností obsluhy nebo operátorů		0,05 (M)
			Není odkvítováno potvrzení obsluhy, že přecerpávání je ukončeno a mohou být uzavřeny armatury.		

Vysvětlivky HEP: L (nízká), M (střední), H (vysoká), EX (Expertní odhad), ST (Vlastní statistika nehod/skoronehod podniku), LT (Odborná literatura)

Vysvětlivky Dotčené faktory (PIF): I (zlepšení stavu), N (standardní stav), W (zhoršení stavu)

Subúkól: ODPOJENÍ PLNÍČÍHO ZARÍZENÍ OD AC

Plán subúkolu 5.2:

1 -> 2

Popis výkonu:
Odpojení přírub.
Provádí: řidič

Odpojení stáčecí hadice
Provádí: řidič

Zaslepení armatur na zásobnících a AC
Provádí: řidič

Provedení kontroly těsnosti zaslepení armatur.
Provádí: pracovník údržby

Operace:

Akce 1: ODPOJENÍ HADICE
Akce 2: ZASLEPENÍ ARMATUR NA ZÁSOBNÍČÍCH A AC

Podmínka:

Zápis akcí:

5.2: (1>2>3)

Problémy:

Zpětná vazba splnění subúkolu:

vizuální kontrola polohy přírub a hadice, vizuální kontrola těsnosti (absence úkapů)

Doporučení:

ODPOJENÍ HADICE - Analýza PHEA

Chybový mód	Dotčené faktory (PIF)	Typ chyby	Relevantní chyba	HEP
Dotčené faktory (PIF)		Typ chyby	Následky chyby / selhání lidského činitele	
Chyba činností (akcí) A8	Akce opomenuta		Ručně uzavíratelné ventily nejsou po ukončení pracovního úkonu řádně uzavřeny	0,04 (M)
I.2 - Teplota prostředí (W) II.1 - Umístění zařízení a přístup k němu (W) IV.1 - Praktické schopnosti a dovednosti pracovníka (I)			Úkapy a menší úniky isobutanu přes vzniklé netěsnosti.	

Vysvětlivky HEP: L (nízká), M (střední), H (vysoká), EX (Expertní odhad), ST (Vlastní statistika nehod/skoronehod podniku), LT (Odborná literatura)

Vysvětlivky Dotčené faktory (PIF): I (zlepšení stavu), N (standardní stav), W (zhoršení stavu)

ZASLEPENÍ ARMATUR NA ZÁSOBNÍCÍCH A AC - Analýza PHEA

Chybový mód		Typ chyby	Relevantní chyba		HEP
Dotčené faktory (PIF)			Následky chyby / selhání lidského činitele		
Chyba činností (akcí) A4		Příliš málo/mnoho akce	Nedostatečné dotáhnutí matek, šroubů či přírub při údržbě		0,0005 (L)
IV.1 - Praktické schopnosti a dovedností pracovníka (N) IV.3 - Stav pohybového aparátu (W)			Úniky a úkapy isobutanu.		
Chyba činností (akcí) A5		Špatně uspořádaná akce (ve smyslu prostorového uspořádání)	Špatná montáž O-kroužku, objímky či ucpávky		0,0667 (M)
II.1 - Umístění zařízení a přístup k němu (N) IV.1 - Praktické schopnosti a dovedností pracovníka (N)			Úniky a úkapy isobutanu.		

Vysvětlivky HEP: L (nízká), M (střední), H (vysoká), EX (Expertní odhad), ST (Vlastní statistika nehod/skoronehod podniku), LT (Odborná literatura)

Vysvětlivky Dotčené faktory (PIF): I (zlepšení stavu), N (standardní stav), W (zhoršení stavu)

Úkol: ODJEZD AC

Plán úkolu 6:

1 -> 2 -> 3 -> 4 -> 5

Operace:

- Akce 1: OTEVŘENÍ STÁČECÍHO MÍSTA
- Akce 2: ODJIŠTĚNÍ SOUPRAVY PROTI POSUNU
- Akce 3: ODJEZD AC ZE STÁČECÍHO MÍSTA
- Akce 4: VYSTAVENÍ DOKLADŮ O DODANÉM MNOŽSTVÍ
- Akce 5: ODJEZD AC Z AREÁLU ZÁVODU

Podmínka:

Zápis akcí:

6: (1>2>3>4>5)

Zpětná vazba splnění úkolu:

vizuální kontrola polohy závory, vizuální kontrola polohy AC, zpětná vazba od vedoucího směny, hodnota na váze, potvrzení dodacího listu

Popis výkonu:

Otevření stáčecího místa - provádí se odstraněním výstražného terče.
Provádí: pracovník údržby

Odjištění soupravy proti posunu.
Provádí: řidič

Odjezd AC ze stáčecího místa.
Provádí: řidič

Vystavení dokladů o dodaném množství - po zvážení AC na automatické váze.
Provádí: vrátný

Odjezd AC z areálu závodu.
Provádí: řidič

Subúkól: ODIŠTĚNÍ SOUPRAVY PROTI POSUNU

Plán subúkolu 6.2:

1 -> 2

Popis výkonu:

Odjištění soupravy proti posunu - odbrždění a odstranění klínu.
Provádí: řidič

Operace:

Akce 1: ODBRŽDĚNÍ SOUPRAVY
Akce 2: ODSTRANĚNÍ KLÍNU

Podmínka:

Zápis akcí:

6.2: (1+2)

Problémy:

Zpětná vazba splnění subúkolu:

vizuální kontrola brzdy a klínů

Doporučení:

Subúkól: WYSTAVENÍ DOKLADŮ O DODANÉM MNOŽSTVÍ

Plán subúkolu 6.4:

1 -> 2

Operace:

Akce 1: WYSTAVENÍ VÁŽNÍHO LISTU

Akce 2: ODSOUHLASENÍ VÁŽNÍHO LISTU

Zápis akci:

6.4: (1>2)

Zpětná vazba splnění subúkolu:

hodnoty na hladinoměru, hodnoty na váze, hodnoty uvedené na vážním listu.

Popis výkonu:

Zvážení autocisterny na elektronické váze a vystavení vážního listu.

Provádí: vrátný

Odsouhlasení správnosti dodaného množství isobutanu na základě hodnot z hladinoměru na zásobnících.

Provádí: pracovník skladu

Podmínka:

Problémy:

Doporučení:

Příloha 3: Databáze chyb a hodnot HEP použitá v integrované metodice HTA-PHEA

Kód	Typ chyby	Příklad chyby	HEP		
			L	M	H
Chyby činností					
A1	Příliš krátká/dlouhá akce	Chyba v přesnosti při nastavování ovládaných veličin	0,01	0,03	0,1
		Špatné manuální nastavení armatury, ventilu apod., které je prováděno v časové tísní.	0,0001	0,001	0,01
A2	Špatně načasovaná akce	Rozpohybování cisterny v okamžiku, kdy je ještě připojena k plnicímu zařízení	0,00001	0,0005	0,001
		Je zahájena manipulace se zařízením v okamžiku, kdy zařízení ještě není připraveno a uvolněno.	0,00001	0,0005	0,001
		Operátor začne přesouvat materiál dříve, než obdrží povolení k manipulaci	0,005	0,01	0,03
A3	Akce v opačném směru	Zařízení je zapnuto v opačném směru	0,00001	0,00002	0,00003
A4	Příliš málo/mnoho akce	Chyba při provádění složitých pracovních operací zahrnujících zpracovávání množství vstupů	0,01	0,03	0,05
		Nedostatečné dotáhnutí matek, šroubů či přírub při údržbě	0,0005	0,0048	0,1
		Operátor provede chybné nastavení regulované veličiny (popř. mimo škálu nastavitelnosti)	0,0003	0,003	0,007
		Přeplnění skladovacích kapacit	0,001	0,003	0,01
A5	Špatně uspořádaná akce (ve smyslu prostorového uspořádání)	Nesprávné nastavení přečerpávacích tras	0,001	0,0047	0,01
		Špatná montáž O-kroužku, objímky či ucpávky	0,007	0,0667	0,15
		Špatně provedené napojení jednotlivých ručně montovaných spojů	0,0001	0,005	0,0167
		Nesprávně provedená technická úprava zařízení, linky apod.	0,005	0,0167	0,167
		Překroucení či nesprávné smotání hadice určené k přečerpávání s následkem přerušení toku či poškození hadice	0,00005	0,0001	0,001
		Těsnění není umístěno správně	0,01	0,05	0,1
		Špatně provedená instalace/údržba kritických zařízení, spojů a ložisek	0,01	0,03	0,1
		Ventil klíčový z hlediska funkce bezpečnostního systému nebyl správně instalován	0,0003	0,0006	0,002

A6	Správná akce na špatném objektu	Provedení sváru na nesprávném místě	0,01	0,04	0,08
		Operátor ovládá jiné zařízení nebo pracuje na špatném stanovišti	0,01	0,03	0,05
		Manipulace se špatným kontejnerem či zařízením	0,0001	0,0007	0,002
		Vypuštění provozní kapaliny z nesprávného zařízení	0,01	0,021	0,06
		Obecná chyba provedení (např. chybné přečtení instrukce nebo popisu a následné vybrání špatného ovládače)	0,001	0,003	0,01
		Výběr špatného ovládače/vypínače na základě nedostatečných znalostí	0,00001	0,0001	0,0005
		Stisknutí tlačítka s podobnou funkcí (na základě přehmátnutí)	0,0015	0,0002	0,004
		Údržba provedena na jiném zařízení	0,001	0,003	0,05
		Obsluha otevře vypouštěcí ventily na špatné nádrži	0,0005	0,0007	0,002
		Operátor provede vložení nebezpečného odpadu do špatného boxu/nádoby	0,0004	0,0005	0,005
		Operátor uskladní nebezpečné látky na místě, které není vyhrazeno pro skladování	0,02	0,03	0,06
		Je svařována špatná potrubní větev	0,02	0,042	0,09
		Operátor provedl nastavení na jiném (paralelním) čerpadle	0,003	0,006	0,01
A7	Špatná akce na správném objektu	Špatně zadaná data do počítače (hodnoty, adresa, pokyn apod.)	0,005	0,007	0,015
		Přehmátnutí, či přehlédnutí při provádění rutinních a jednoduchých pracovních operací prováděných řádně podle předepsaného postupu	0,00001	0,00005	0,0001
		Vytočení špatného telefonního čísla	0,001	0,01	0,03
		Nesprávně provedená montáž drobných součástek	0,03	0,067	0,09
		Nedostatečně provedené technické nastavení zařízení (s následkem nedostatečného napájení, nižšího průtoku apod.)	0,002	0,0065	0,065
		Chybné provedení ovládání pomocí dotykové obrazovky (minutí ovládacího prvku)	0,15	0,27	0,35
		Do aktivní zóny je chybně vložen palivový článek (platí pro JE)	0,0003	0,0007	0,015
		Operátor otočí vypínač do špatné polohy	0,008	0,016	0,05
		Chybně/nekvalitně provedené pájení při opravě elektrického rozvodu	0,006	0,011	0,025

		Provedení zakázané operace pomocí ovládacích prvků na řídicím panelu	0,001	0,0042	0,01
		Provedení neplatné operace pomocí řídicího počítače	0,001	0,0023	0,005
		Chybné zadání symbolu při použití klávesnice počítače	0,01	0,03	0,1
		Chyba při zadávání hodnot pomocí digitální dotykové klávesnice	0,03	0,1	0,2
A8	Akce opomenuta	Opomenutí provést požadovanou akci	0,001	0,01	0,05
		Opomenutí vyjmout všechny součástky a nářadí z opravovaného zařízení nebo spojení	0,0001	0,001	0,005
		Opomenutí provedení dílčího procedurálního kroku	0,003	0,0645	0,03
		Opomenutí zajistit dodání potřebných součástek (např. chybějící šrouby, matky, dotahovací klíče apod.)	0,0001	0,0006	0,006
		Opomenutí provést všechny procedurální kroky (např. provedení všech kroků v potřebném pořadí, či provedení potvrzení po vykonání celé akce)	0,0002	0,001	0,008
		Je opomenuto provedení opravy dílčí části elektrozařízení a to i při dodržení všech postupů	0,0001	0,001	0,005
		Operátor zapomene uzavřít ventil po dokončení úkolu	0,005	0,01	0,03
		Vynechání procedurálního kroku při řízení rizikové technologie (v jaderné elektrárně, chemickém závodě)	0,03	0,07	0,15
		Nedokonale provedené uzavření/utěsnění subsystému před zahájením opravy/údržby	0,01	0,02	0,07
		Ručně uzavíratelné ventily nejsou po ukončení pracovního úkonu řádně uzavřeny	0,01	0,04	0,1
A9	Akce nedokončena	Špatné uzavření ventilů či armatur	0,00018	0,0018	0,018
		Nedokončení provedení akce z důvodu chybějících součástek (např. šroubů, matek, dotahovacích klíčů apod.)	0,0004	0,0006	0,002
A 10	Špatná akce na špatném objektu	Vypuštění nebezpečného odpadu mimo určené zařízení (např. do životního prostředí, kanalizace, vodoteče apod.)	0,0001	0,0007	0,005
		Signalizační zařízení informující o úniku nebezpečné látky nebo záření je záměrně vyřazeno z provozu	0,0002	0,0005	0,005
		Nebezpečné látky jsou nedopatřením vypuštěny do okolního prostředí během prováděné operace	0,0005	0,001	0,01

Chyby kontroly					
C1	Kontrola opomenuta/nedostatečná kontrola	Neodhalení chyby v provedení složitého výpočtu	0,1	0,27	0,4
		Neodhalení chybného zásahu obsluhy	0,01	0,1	0,2
		Neodhalení chybné instalace součástky nebo dílu	0,002	0,005	0,05
		Neodhalení napojení špatného ventilu, armatury či trubky o jiné velikosti	0,001	0,0021	0,021
		Neodhalení chybně napojených elektrospojů	0,002	0,0065	0,012
C2	Nekompletní kontrola	Nedostatečná a nekompletní kontrola vedoucího pracovníka při zjišťování chyb a neshod v komplexním systému	0,1	0,2	0,5
		Revizní technik neodhalí několik zásadních závad či poruch v elektrické jednotce (systému) – nedůsledně provedená kontrola	0,1	0,2	0,3
		Chyba při kontrole provedených svárů a připojení zařízení u složitých technických systémů	0,2	0,3	0,4
C3	Správná kontrola na špatném objektu	Kontrola řízení procesu je prováděna, ale nejsou do ní zahrnuty kontroly manuálních činností obsluhy nebo operátorů	0,005	0,05	0,01
C4	Špatná kontrola na správném objektu	Chybně či neodborně prováděná kontrola klíčových činností	0,0008	0,003	0,015
		Nepozornost kontrolující osoby (např. při obchůzce, sledování záznamů z videokamer apod.)	0,03	0,1	0,4
C5	Kontrola špatně načasována	Provedení kontroly v nevhodný okamžik či během činností, které nejsou z hlediska bezpečnosti klíčové	0,0001	0,001	0,003
C6	Špatná kontrola na špatném objektu	Provedení nedostatečné/neodborné kontroly na špatně zvoleném zařízení či při provádění jiných činností, než těch, které mají být kontrole podrobeny (např. údržby apod.)	0,00001	0,0001	0,0005
Chyby získávání informací					
R1	Informace není obdržena	Obsluha není schopna rozeznat správnou a špatnou pozici nastavení (např. ventilu)	0,001	0,05	0,5
		Obsluha nemá dostatek informací pro odhalení náhlého odstavení části systému nebo dílčích zařízení	0,0008	0,001	0,008
		Přehlédnutí ukazatele jednotlivcem (např. obsluhou)	0,00005	0,0001	0,001
		Přehlédnutí ukazatele více pracovníky - při kolektivním řízení (např. velíny)	0,000005	0,00001	0,0001
		Operátor si během kontrolní operace neuvědomí/nevšimne, že je ventil ve špatné poloze	0,001	0,003	0,01

R2	Získání chybné informace	Chyba při čtení textu a čísel	0,003	0,005	0,065
		Chyba při provedení jednoduchého výpočtu	0,01	0,03	0,05
		Obecná chyba provedení (např. chybné přečtení popisku a následné vybrání špatného ovládače)	0,0003	0,003	0,007
R3	Získání nekompletní informace	Chybná interpretace/přečtení číslíkových ukazatelů	0,008	0,03	0,09
		Chyba v diagnóze při výskytu doposud neznámé provozní situace	0,2	0,34	0,5
		Pozdní diagnostikování problému v propojených systémech	0,023	0,07	0,21
		Provedení procedurální chyby na základě rychlého čtení instrukcí, popř. instrukcí s nedostatečnými informacemi	0,01	0,065	0,3
		Chybné nastavení systému, v důsledku neodhalení existujících odchylek ze strany obsluhy	0,00003	0,0002	0,0014
Chyby sdělování/přenosu informací					
T1	Informace není předána dále	Špatné porozumění pokynu s následkem nepředání požadované informace	0,0001	0,001	0,007
T2	Je předána špatná informace	Chybně napsaná informace nebo číslo, které jsou předávány dál	0,005	0,01	0,05
		Nastavení zařízení je chybné, ale obsluha jej označí jako "správné" či "v toleranci"	0,005	0,01	0,1
		Zadání nesprávných dat do řídicího systému	0,003	0,006	0,012
T3	Nekompletní přenos informace	Informace předávaná ústní komunikací je zkomolena nebo špatně předána	0,01	0,03	0,08
Chyby výběru					
S1	Opomenutí výběru	Ve stejnou chvíli jsou vykonávány různé činnosti s různou prioritou	0,05	0,1	0,2
		Stisknutí ovládače, který však v danou chvíli neměl být aktivován	0,0008	0,0011	0,09
		Provedení akce striktně podle předepsaných postupů, které však pro danou situaci nebyly vhodně nastaveny	0,05	0,1	0,37
S2	Provedení špatného výběru	Chybná reakce operátorů při vzniku mimořádné události	0,02	0,05	0,1
		Špatná kalibrace zařízení během jeho údržby	0,001	0,005	0,025
		Chyba při provádění komplikovaného nerutinního úkolu pod časovým stresem	0,03	0,06	0,12
		Chyby vzniklé při řešení neobvyklé provozní situace (pracovník má relativně dostatek času na řešení situace)	0,02	0,034	0,08

		Obsluha zařízení sleduje během procesu špatný ukazatel (veličinu)	0,001	0,003	0,01
		Obsluha pro manipulaci zvolí špatný ventil	0,0006	0,003	0,015
		Chybná manipulace s ventilem (obsluha chybně nastaví ventil do jedné z poloh - "otevřen" nebo "zavřen")	0,005	0,01	0,03
		Chybné nastavení průtoku vlivem špatné manipulace s ventilem	0,0001	0,0004	0,001
		Stisknutí špatného tlačítka, které není podobné ani tvarem ani pozicí tomu správnému	0,001	0,002	0,003
		Stisknutí zajištěného ovládače, který je klíčový z hlediska bezpečnosti, namísto standardního ovládače	0,0001	0,0003	0,0009
		Stisknutí špatného ovládače, která má podobnou funkci jako ten, který měl být aktivován	0,0002	0,0015	0,015
		Operátor nastaví nesprávnou hodnotu pro kalibrační tlak	0,01	0,03	0,08
		Operátor provede chybný krok při kalibraci zařízení	0,0005	0,001	0,01
		Pracovník vybere nevhodnou součástku při opravě elektrického rozvodu	0,002	0,0048	0,03
		Při provádění diagnózy problému jsou použita naučená avšak nesprávná pravidla	0,1	0,16	0,25
Chyby plánování					
P1	Vykonán špatný plán v důsledku špatné diagnózy	Nedodržení původního uspořádání zařízení v systému během údržby	0,001	0,01	0,07
		Bezpečnostní funkce systému byly během údržby chybně přenastaveny	0,0006	0,0018	0,005
		Přeplnění zásobníků nad jejich limit	0,001	0,003	0,009
P2	Diagnóza je správná, zvolen špatný postup k vykonání plánu	Nouzové manuální odstavení systému během havarijní situace je provedeno v rozporu se správným postupem	0,01	0,05	0,15
		Komplexní a jindy rutinní akce jsou během neobvyklých (havarijních) situacích provedeny podle nesprávného postupu	0,08	0,13	0,2

Příloha 4: Databáze faktorů ovlivňujících výkon člověka (PIF) použitá v integrované metodice HTA-PHEA

Oblast klíčová z hlediska výkonu a spolehlivosti	
Skupina PIF	PIF
I. Pracovní prostředí	
I.1 Provádění procesů	
	I.1.1 Neshody uvnitř pracovního týmu
	I.1.2 Náročnost vykonávaných úkolů
	I.1.3 Uvědomování si nebezpečí
	I.1.4 Pracovní vytížení
	I.1.5 Náhlost výskytu problému
I.2 Faktory pracovního prostředí	
	I.2.1 Hluk na pracovišti
	I.2.2 Osvětlení
	I.2.3 Teplota prostředí
	I.2.4 Kvalita vzduchu
I.3 Časové dispozice	
	I.3.1 Pracovní doba a pracovní přestávky
	I.3.2 Pracovní směny a práce v noci
	I.3.3 Časová náročnost pracovního úkolu
II. Charakteristiky pracoviště a prováděného úkolu	
II.1 Vybavení a design	
	II.1.1 Umístění zařízení a přístup k němu
	II.1.2 Značení a popisky
	II.1.3 Používání ochranných pracovních pomůcek
II.2 Design řídicího pultu	
	II.2.1 Kvalita předávaných informací
	II.2.2 Rozlišení sdělovačů a ovládačů
	II.2.3 Kompatibilita uživatelského interface
	II.2.4 Seskupování informací
	II.2.5 Přehlednost hlášení o kritických stavech
II.3. Pracovní vybavení a předpisy	
	II.3.1 Jednoznačnost a srozumitelnost předpisů
	II.3.2 Obsahová stránka předpisů
	II.3.3 Specifikace vstupních a výstupních údajů
	II.3.4 Kvalita kontrol a varování
	II.3.5 Podpora pro diagnózu chyb

	II.3.6 Kompatibilita předpisů s provozními zkušenostmi
	II.3.7 Provádění aktualizace předpisů
II.4 Výcvik	
	II.4.1 Různé požadavky na bezpečnost provozu vs. požadavky na objem výroby
	II.4.2 Využití nových poznatků a znalostí ve výcviku
	II.4.3 Nácvik neznámých a mimořádných situací
	II.4.4 Havarijní výcvik a připravenost
	II.4.5 Výcvik ovládání automatiky a systémů řízení
III. Organizační a sociální faktory	
III.1 Týmová práce a komunikace	
	III.1.1 Vymezení pracovní náplně zaměstnanců
	III.1.2 Jednoznačné zodpovědnosti
	III.1.3 Komunikace mezi pracovníky
	III.1.4 Role/autorita vedoucího
	III.1.5 Skupinové plánování a orientace v problematice
III.2 Politika managementu	
	III.2.1 Přístup managementu
	III.2.2 Bezpečnostní požadavky a pravidla (příručky, nařízení apod.)
	III.2.3 Využívání systémových zabezpečovacích prvků a bezpečnostních bariér
IV. Charakteristika pracovníka	
IV.1 Zkušenosti a mentální dovednosti	
	IV.1.1 Praktické schopnosti a dovednosti pracovníka
	IV.1.2 Zkušenosti se zvládáním stresových situací
	IV.1.3 Schopnost logického uvažování
IV.2 Osobnostní faktory	
	IV.2.1 Motivace
	IV.2.2 Schopnost pracovat v riziku (zvládání rizik)
	IV.2.3 Sebekontrola
	IV.2.4 Komunikativnost
	IV.2.5 Odolnost proti stresu
	IV.2.6 Sebeovládání emocí
	IV.2.7 Duchapřítomnost
IV.3 Fyzická kondice a věk	
	IV.3.1 Odpočinek po práci
	IV.3.2 Zdravotní stav
	IV.3.3 Stav pohybového aparátu
	IV.3.4 Následky zranění

PŘEHLED PUBLIKACÍ STUDENTA K TÉMATU DISERTAČNÍ PRÁCE

- SKŘEHOT, P.; MALČÍKOVÁ, K. Nové metody a přístupy určené pro vyšetřování kořenových příčin selhání lidského činitele. In *Aktualne otázky bezpečnosti práce : Recenzovaný zborník*. Košice : NIP, 2006. s. 93-100.
- PALEČEK, M.; SKŘEHOT, P.; ...[et al.]. Methods and instrument of human factor assessment and reliability up-grade in control centre. Colloque International „Facteurs humains et conception des systemes de travail: optimiser les performance de l'entreprise“, Francie, 2006, 7 s.
- SKŘEHOT, P. Spolehlivost lidského činitele. Portál BOZPinfo, 7. 8. 2006. Dostupný na www: <http://www.bozpinfo.cz/citarna/tema_tydne/spol_lid_cin06.html>
- SKŘEHOT, P.; MALČÍKOVÁ, K. Nové metody a přístupy určené pro vyšetřování kořenových příčin selhání lidského činitele v procesním průmyslu. In *Bezpečnost a ochrana zdraví při práci 2006 : Sborník přednášek*. Ostrava : VŠB-TUO, 2006. 9 s.
- SKŘEHOT, P.; PALEČEK, M.; MALÝ, S. Posouzení vlivu lidského činitele na bezpečnost provozu (nejen) průmyslových technologií a zařízení. In *Svět práce a kvality života v globalizovaném světě : sborník příspěvků*. Praha : VŠE, 2007. 9s.
- SKŘEHOT, P.; MALÝ S. Posouzení spolehlivosti systému člověk-stroj pomocí analýz úkolů. In *Aktualne otázky bezpečnosti práce : Recenzovaný zborník*. Košice : Národný inšpektorát práce, 2007. s. 116-127.
- SKŘEHOT, P.; MALÝ S. Analýza vlivu lidského činitele na bezpečnost v procesním průmyslu a energetice. In *54. Konference chemického a procesního inženýrství CHISA : sborník 1*. Srní : ČSCHI, 2007. s 223.
- SKŘEHOT, P.; HLADKÝ, A.; MALÝ, S. Hierarchická analýza úkolů. *Psychologie v ekonomické praxi*, 2008. č.1-2, s. 35-46.
- SKŘEHOT, P. Spolehlivost člověka v pracovním systému. *Journal of Safety Research and Applications*. 2008, č. 1. Portál BOZPinfo, 30. 4. 2008. Dostupný na www: <http://www.bozpinfo.cz/josra/josra-01-2008/spolehlivost_cloveka_skrehot.html>
- SKŘEHOT, P. Využití faktorů ovlivňujících výkonnost obsluhy při hodnocení spolehlivosti lidského činitele a kultury bezpečnosti. *SPEKTRUM*, 2008, č. 1, s. 41-45. ISSN 1211-6920.

- SKŘEHOT, P. Faktory ovlivňující spolehlivost lidského činitele. In *Bezpečnost a ochrana zdraví při práci 2008 : Sborník přednášek*. Ostrava : VŠB-TU, 2008. 6s.
- SKŘEHOT, P. *Posuzování spolehlivosti člověka v pracovním systému pomocí analýz úkolů*. Edice Bezpečný podnik, 1. vyd. Praha : Výzkumný ústav bezpečnosti práce, 2008. 28 s. ISBN 978-80-86973-22-7.
- SKŘEHOT, P. Chyby lidského činitele a identifikace jejich příčin. *Journal of Safety Research and Applications*. 2009, č. 1. Portál BOZPinfo, 30. 3. 2009. Dostupný na [www: < http://www.bozpinfo.cz/josra/josra-01-2009/skrehot_mips.html>](http://www.bozpinfo.cz/josra/josra-01-2009/skrehot_mips.html)
- SKŘEHOT, P. Nové metody a nástroje pro hodnocení spolehlivosti lidského činitele In *Bezpečnost a ochrana zdraví při práci 2009 : Sborník přednášek*. Ostrava : VŠB-TUO, 2009. 6 s. 271-277. ISBN 978-80-248-2010-1.
- SKŘEHOT, P.... [et al.]. *Prevence nehod a havárií : 2. díl : mimořádné události a prevence nežádoucích následků*. Praha : Výzkumný ústav bezpečnosti práce & T-Soft, 2009. 510 s. ISBN 978-80-86973-73-8.
- SKŘEHOT, P. New tools for analyzing work activities in the process industry. In *AHFE Interantional Conference : conference proceedings, 17-20 July, Miami, Florida*. Louisville : AHFE International 2010, 2010. ISBN 978-0-9796435-4-5.
- SKŘEHOT, P. Hodnocení spolehlivosti lidského činitele pomocí integrované metody HTA-PHEA a zkušenosti s aplikací softwarového nástroje HTA-PHEA. *Journal of Safety Research and Applications*. 2011, č. 2. Portál BOZPinfo, Dostupný z WWW: <http://www.bozpinfo.cz/josra/josra-02-2011/hta-phea_skrehot.html>. ISSN 1803-3687.
- MAREK, J.; ŠKRÉTA, K.; SKŘEHOT, P. *Bezpečnost práce při těžbě dřeva*. Praha : Výzkumný ústav bezpečnosti práce, 2011, 138 s. ISBN 978-80-86973-92-0. Kapitola 3, Okolnosti vedoucí ke vzniku pracovních úrazů, s. 28-38.
- SKŘEHOT, P.... [et al.]. *Terminologický výkladový slovník k problematice spolehlivosti lidského činitele*. [online]. Praha : Výzkumný ústav bezpečnosti práce, 2011. 116 p. ISBN 978-80-86973-68-5. Dostupný na WWW: <<http://www.vubp.cz/index.php/metodiky>>.